

Manufacturing method for photo mask, involves setting amount of correction offset so that size rate of change of resist pattern after transfer may be within permissible on device quality range

Patent number: DE10030143

Publication date: 2001-05-31

Inventor: YOSHIOKA NOBUYUKI (JP); HOSONO KUNIHIRO (JP); SUZUKI KAZUHITO (JP); NAGAMURA YOSHIKAZU (JP)

Applicant: RYODEN SEMICONDUCTOR SYST ENG (JP); MITSUBISHI ELECTRIC CORP (JP)

Classification:


International: G03F1/00; G03F3/10

European: G03F1/00G; G03F1/00Z

Application number: DE20001030143-20000620

Priority number(s): JP19990296705 19991019

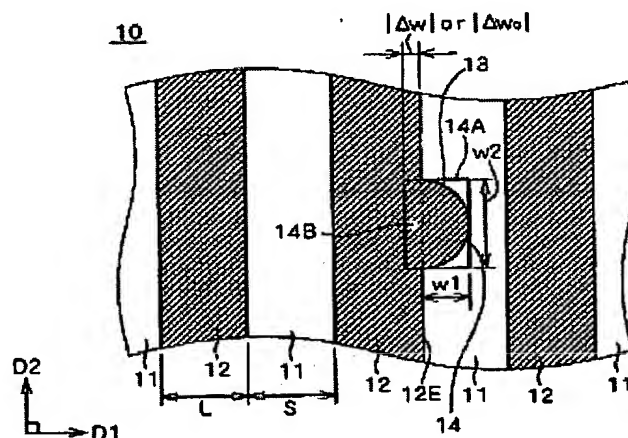
Also published as:

 US6340543 (B1)

 JP2001117210 (A)

Abstract of DE10030143

The method involves setting up the amount of correction offset so that the size rate of change of the resist pattern after transfer may be within the permissible on device quality range. The correction offset enables only the pattern edge to have a width deficiency, when a laser photo-irradiation is performed in order to perform pattern correction. Independent claims are also included for the following: (a) a photo mask; (b) and a semiconductor device.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

This Page Blank (uspto)

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 100 30 143 A 1

⑤1 Int. Cl. 7:
G 03 F 1/00
G 03 F 3/10

②1 Aktenzeichen: 100 30 143.6
②2 Anmeldetag: 20. 6. 2000
④3 Offenlegungstag: 31. 5. 2001

③0 Unionspriorität:
11-296705 19. 10. 1999 JP

⑦1 Anmelder:
Ryoden Semiconductor System Engineering Corp.,
Itami, Hyogo, JP; Mitsubishi Denki K.K.,
Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Prüfer und Kollegen, 81545 München

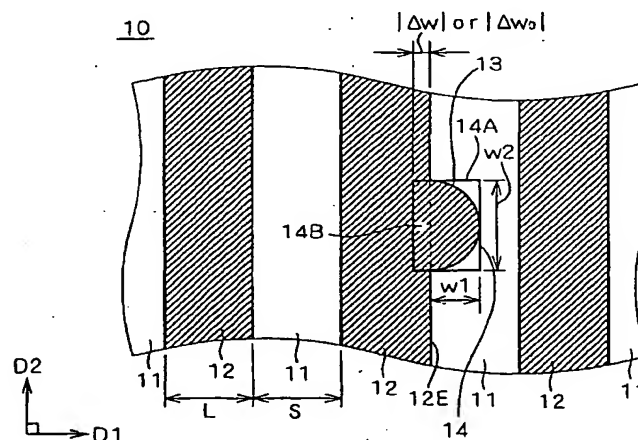
⑦2 Erfinder:
Nagamura, Yoshikazu, Tokio/Tokyo, JP; Suzuki,
Kazuhito, Itami, Hyogo, JP; Hosono, Kunihiro,
Tokio/Tokyo, JP; Yoshioka, Nobuyuki, Tokio/Tokyo,
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Photomaske, Herstellungsverfahren davon und Halbleitereinrichtung

⑤7 Ein korrigierter Bestrahlungsbereich (14), der mit einem Laserlicht unter gegebenen Ausgabebedingungen bestrahlt werden soll, um einen lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt (13) zu entfernen, ist derart eingestellt, daß er aufweist: (1) einen Bestrahlungsbereich (14A), der den lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt (13) aufweist und Breiten w_1 und w_2 aufweist, und (2) einen Musterreparaturbereich (14B), der die Breite w_2 aufweist und sich in der negativen Richtung in einer ersten Richtung D1 um den Absolutwert einer Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw von der Verbindung zwischen dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt (13) und dem Musterrand (12E) erstreckt. Die Größe des Korrekturversatzes Δw ist derart eingestellt, daß der Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters, das übertragen ist, in einen Bereich fällt, der für die Vorrichtungsqualität zulässig ist. Ein Teil mit der Breite $|\Delta w|$ des Musterrandes (22E) fehlt nach der Bestrahlung mit dem Laserlicht. Wenn die Designmusterabmessung als Abmessungswert auf der Photomaske auf ungefähr $2 \mu\text{m}$ beispielsweise verringert wird, ist es somit möglich, den nachteiligen Effekt der Abmessungsvariation des Resistmusters auf die Vorrichtungsqualität, die durch eine Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt verursacht wird, zu vermindern.



DE 100 30 143 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Photomaske, ein Herstellungsverfahren davon und auf eine Halbleitereinrichtung. Speziell bezieht sie sich auf ein Verfahren zum Reparieren von lichtundurchlässigen Fehlern (verbleibende Fehler) in Metallfilmmustern auf einer Photomaske, die als Originalform in einem photomechanischen Vorgang während der Herstellung von Halbleitereinrichtungen (LSI) verwendet wird, und auf den Aufbau der Metallfilmmuster, die auf der Photomaske repariert sind.

Eine Photomaske wird als Originalform verwendet, wenn Resistmuster auf Waferoberflächen mit einem Übertragungsgerät in einem photomechanischen Vorgang während der Herstellung von Halbleitereinrichtungen übertragen werden, wobei auf der Photomaske Muster, die den Resistmustern entsprechen, mit einem Metallfilm aus CrON, usw., gebildet sind. Wenn das Metallfilmmuster einen Rest bzw. einen Rückstand des Metallfilms (lichtundurchlässige Defekte) oder offene Stellen des Metallfilms (durchlässige Defekte oder Nadellochdefekte) aufweist, die von dem ursprünglich entworfenen Muster verschieden sind, dann kann sich das auf den Wafer übertragene Muster in Abhängigkeit der Defektgröße von dem ursprünglich entworfenen Resistmuster unterscheiden oder die Abmessungen des übertragenen Musters können zu denen des ursprünglichen Musters variieren. Ferner wird mit der Größenverringerung der integrierten Schaltungsmuster, die schließlich unter Verwendung des Resists als Maske gebildet werden, die Abmessungsgenauigkeit, die für das Resistmuster benötigt wird, wichtiger, und folglich wird die Defektgrößengrenze, die auf der Maske zulässig ist, geringer. Wenn Defekte in dem Metallfilmmuster auf einer Photomaske vorhanden sind, ist die zulässige Defektgröße normalerweise auf ein Viertel bis ein Drittel der Entwurfsmusterabmessungen (auf der Maske) begrenzt, so daß die Defekte nicht auf den Wafer übertragen werden oder, so daß die übertragenen Defekte keine Variation der Abmessungen von denen des Originalresistmusters oder des integrierten Schaltungsmusters über einen zulässigen Bereich, der auf der Grundlage der Qualität des Halbleiterprodukts bestimmt ist, verursacht wird. Während die zulässige Defektgröße auf der Maske ungefähr 1 µm bei einem Halbleiterprodukt mit einer Entwurfsmusterabmessung von 3 µm betragen hat, ist folglich die zulässige Defektgröße auf ungefähr 0,3 µm verringert, wenn das integrierte Schaltungsmuster verkleinert wird und die Entwurfsmusterabmessung auf ungefähr 1 µm verringert ist.

Ein der Anmelderin bekanntes Verfahren zum Reparieren von licht- undurchlässigen Defekten auf der Photomaske wird nun unter Bezugnahme auf die Draufsichten von Fig. 28 und 29 beschrieben. Wie in Fig. 28 gezeigt ist, enthalten die lichtundurchlässigen Defekte abgetrennte Defekte (im folgenden als abgetrennte, lichtundurchlässige Defekte bezeichnet), wie durch 73 gezeigt ist, und Defekte, die mit einem der Ränder des Originalmetallfilmmusters 70 zusammenhängen (im folgenden als lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte bezeichnet), wie durch 72 gezeigt ist. Ein Laserreparaturverfahren, das einen YAG-Laser (Yttrium/Aluminium/Granat-Laser) usw. einsetzt, wird normalerweise eingesetzt, um solche lichtundurchlässigen Defekte 72 und 73 zu reparieren. Es wird also, wie in Fig. 29 gezeigt ist, ein Laserlichtstrahl, der durch eine Apertur bzw. Blende (nicht gezeigt) gemäß der Form und Größe der lichtundurchlässigen Defekte 72 und 73 geformt ist, auf die lichtundurchlässigen Defektabschnitte angewendet. Dann absorbieren die lichtundurchlässigen Defekte 72 und 73 Energie des Laserlichtes und sie werden so verdampft und verschwinden. Speziell zum Reparieren des abgetrennten, lichtundurchlässigen Defekts 73 wird ein Laserbestrahlungsbereich 74 derart eingestellt, daß er ausreichend den gesamten Defekt enthält, und der Laserlichtstrahl wird auf das Innere des Bereiches 74 derart angewendet, daß der abgetrennte, lichtundurchlässige Defekt 73 vollständig entfernt wird. Zum Reparieren des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes 72 wird das Laserlicht in der gleichen Weise wie in dem Fall des Reparierens des abgetrennten, lichtundurchlässigen Defektes 73 derart angewendet, daß der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 72 vollständig entfernt werden kann. Speziell für den lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 72 wird das optische System auf dem optischen Weg derart eingestellt, daß die Grenze, entlang der der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 72 in Kontakt mit einem Rand des Musters 70 steht, wieder den ursprünglichen Rand des Musters erzeugen kann, der in Abwesenheit des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes 72 definiert ist, und das Laserlicht wird derart beaufschlagt, daß ein Ende des Laserbestrahlungsbereiches 74 mit der Ausdehnung des ursprünglichen Musterrandes ausgerichtet ist. Das heißt, daß der ursprüngliche Musterrand wieder erzeugt wird, ohne daß der Metallfilm in dem reparierten Bereich verbleibt, nachdem der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 72 mit dem Laser repariert ist, oder ohne daß verursacht wird, daß der Rand in dem reparierten Bereich von der Position des ursprünglichen Musterrandes durch übermäßiges Entfernen des Metallfilms ausgespart wird. Das oben beschriebene Reparaturverfahren wird auf gebräuchliche Photomasken, die hauptsächlich einen CrON-Film verwenden, und auch auf Phasenverschiebungsphotomasken, die hauptsächlich einen CrON-Film oder einen MoSiON-Film verwenden, angewendet.

Die Verfahren zum Reparieren von lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekten enthalten neben dem Laserreparaturverfahren ein Verfahren, das einen Ionenstrahl verwendet (Ionenstrahlätzverfahren), bei dem der Strahl genauer als in dem Laserlichtreparaturverfahren positioniert werden kann. Bei diesem Reparaturverfahren werden wie in dem Fall des Laserreparaturverfahrens die Defekte derart repariert, daß die ursprünglichen Musterränder wieder erzeugt werden, ohne daß der Metallfilm in Bereichen verbleibt, in denen die lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekte repariert wurden, und ohne daß verursacht wird, daß die reparierten Bereiche durch ein übermäßiges Reparieren ausgespart werden.

Das der Anmelderin bekannte Laserreparaturverfahren oder das der Anmelderin bekannte Ionenstrahlätzverfahren führen zur folgenden Schwierigkeit bei der Reparatur von lichtundurchlässigen Defekten. Die Schwierigkeit wird nun unter Bezugnahme auf die Draufsichten von Fig. 30 und 31 beschrieben.

So verbleibt in den Bereichen 75 in Fig. 30, in denen die lichtundurchlässigen Defekte repariert wurden (von lichtundurchlässigen Defekten reparierte Bereiche), ein sehr dünner Film des lichtabschirmenden Metalls oder die Oberfläche des Quarzglas ist durch die Bestrahlung mit dem Strahl aufgeraut. Folglich ist die Durchlässigkeit in den von den lichtundurchlässigen Defekten reparierten Bereichen 75 geringer als in den ursprünglichen Quarzglasabschnitten 71 (Fig. 28), in denen kein lichtundurchlässiger Defekt vorhanden ist. Wenn das Metallfilmmuster auf einen Halbleiterwafer übertragen wird, nachdem die Photomaske repariert ist, um ein Resistmuster zu bilden, unterscheidet sich somit die Belichtung der Resistbereiche, die direkt unterhalb der von den lichtundurchlässigen Defekten reparierten Bereichen angeordnet sind, von (ist kleiner als) der Belichtung der anderen Resistbereiche, die direkt unterhalb der ursprünglichen

Quarzglasabschnitte angeordnet sind, die frei von einem lichtundurchlässigen Defekt sind. Dann nehmen, wie in Fig. 31 gezeigt ist, Teile der Ränder des Resistmusters 76 auf dem Halbleiterwafer zu, was die Schwierigkeit der Abmessungsvariation des Musters 76 mit sich bringt. Eine solche Abmessungsvariation verursacht keine ernste Schwierigkeit der Einrichtungsqualität, wenn die Einrichtungen eine solch große Entwurfsmusterabmessung auf Photomasken, z. B. ungefähr 3 μm , aufweisen, die eine große Abmessungsvariation zulassen. Wenn jedoch die Entwurfsmusterabmessung auf den Photomasken zum Beispiel auf ungefähr 1 μm verringert ist, beeinflusst die Abmessungsvariation des Resistmusters aufgrund der Durchlässigkeitsverringerung in Bereichen, in denen lichtundurchlässige Defekte durch das der Anmelderin bekannte Verfahren repariert wurden, ernsthaft die Einrichtungsqualität über den zulässigen Bereich. Diese Schwierigkeit tritt wahrscheinlich in Bereichen auf, in denen abgetrennte, lichtundurchlässige Defekte, die nahe dem Metallfilmmuster vorhanden sind, repariert wurden, oder in Bereichen, in denen lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte, die mit den Rändern der Metallfilmmuster zusammenhängen, repariert wurden. Speziell diese Schwierigkeit tritt sehr wahrscheinlich in Speicherzellen in einem DRAM usw., auf, in denen die feinsten Muster dicht gebildet sind.

Die vorliegende Erfindung wurde gemacht, um die oben beschriebenen Schwierigkeiten zu lösen, und Aufgabe der Erfindung ist es, 1) ein Verfahren zur Herstellung einer Photomaske bereitzustellen, bei dem eine Verringerung des Transmissionsfaktors in einem reparierten Abschnitt eines lichtundurchlässigen Defekts (speziell ein abgetrennter, lichtundurchlässiger Defekt, der in einem Bereich vorhanden ist, in dem Metallfilmmusterabschnitte nahe angeordnet sind, oder ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt) in einem Metallfilmmuster auf einer herkömmlichen Photomaske derart kompensiert werden kann, daß eine Abmessungsvariation in dem reparierten Abschnitt auf dem Muster, das auf einem Halbleiterwafer in einem photomechanischen Vorgang gebildet ist, unterdrückt ist.

Weiterhin soll 2) ein Verfahren zur Herstellung einer Photomaske bereitgestellt werden, das eine Verringerung des Transmissionsfaktors in einem reparierten Abschnitt eines lichtundurchlässigen Defektes (speziell ein lichtundurchlässiger, abgetrennter Defekt, der in einem Bereich vorhanden ist, in dem Metallfilmmusterabschnitte nahe aneinander angeordnet sind, oder ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt) in einem Metallfilmmuster auf einer Phasenverschiebungsphotomaske derart kompensieren kann, daß eine Abmessungsvariation des reparierten Abschnittes auf dem Muster, das auf einem Halbleiterwafer in einem photomechanischen Vorgang gebildet ist, unterdrückt wird.

Weiterhin soll 3) eine Metallfilmmusterstruktur auf der Photomaske, die unter Verwendung des Verfahrens 1) oder 2) hergestellt ist, bereitgestellt werden.

Die Aufgabe wird durch das Herstellungsverfahren einer Photomaske nach Anspruch 1 oder 10, die Halbleitereinrichtung des Anspruches 9, 12 oder 15 oder durch die Photomaske des Anspruches 13 gelöst.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung ist auf ein Herstellungsverfahren einer Photomaske mit einem Quarzglas und einem Muster, das aus einem Metallfilm gebildet ist, der auf einer Oberfläche des Quarzglases gebildet ist, gerichtet. Gemäß der vorliegenden Erfindung enthält das Verfahren die Schritte: Erfassen, ob das Muster einen lichtundurchlässigen Defekt aufweist, der mit dem Muster zusammenhängt oder nahe an dem Muster ist und eine erste Breite in einer ersten Richtung und eine zweite Breite in einer zweiten Richtung aufweist, wobei die zweite Richtung senkrecht zu der ersten Richtung ist und einer Richtung entspricht, in der sich ein Rand des Musters ausdehnt, und, wenn der lichtundurchlässige Defekt in dem Schritt des Erfassens erfaßt wird, Entfernen des lichtundurchlässigen Defekts durch Richten eines gegebenen Strahles auf einen Strahlbestrahlungsbereich, der durch Korrigieren eines Bestrahlungsbereiches auf der Oberfläche des Quarzglases in der ersten Richtung, der den lichtundurchlässigen Defekt aufweist und eine dritte und vierte Breite in der ersten und zweiten Richtung aufweist, auf der Grundlage einer Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur erhalten wird, wobei die Größe des Voreinstellungsversatzes gemäß einer Ausgabebedingung des gegebenen Strahles, der Abmessung in der ersten Richtung eines Bereiches in der Oberfläche des Quarzglases, in dem der lichtundurchlässige Defekt vorhanden ist, und der Größe des lichtundurchlässigen Defekts derart eingestellt wird, daß, wenn das Muster auf ein Halbleitersubstrat, um ein Resistmuster zu bilden, unter Verwendung der Photomaske übertragen wird, die nach dem Schritt des Richtens des gegebenen Strahles erhalten wird, der Grad der Abmessungsvariation des Resistmusters bezüglich der ursprünglichen Abmessung des Resistmusters, das bei Fehlen des lichtundurchlässigen Defekts erhalten wird, in einen gegebenen Bereich fällt, und wobei, wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur ein negatives Vorzeichen aufweist, der gegebene Strahl derart gesteuert wird, daß der Strahlbestrahlungsbereich als ein Bereich gegeben ist, der den Bestrahlungsbereich und einen Musterreparaturbereich, der sich in das Muster in der ersten Richtung um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes von einer Grenze zwischen dem lichtundurchlässigen Defekt und dem Muster, wenn der lichtundurchlässige Defekt mit dem Muster zusammenhängt, und von einem Teil, der zu dem lichtundurchlässigen Defekt gewandt ist, in dem Rand des Musters, wenn der lichtundurchlässige Defekt nahe an dem Muster ist, erstreckt, enthält.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung weist bei dem Photomaskenherstellungsverfahren der Musterreparaturbereich bevorzugt in der zweiten Richtung eine Breite auf, die größer ist als die zweite Breite.

Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung entspricht bevorzugt bei dem Photomaskenherstellungsverfahren die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur einer optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes, und die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes ist eine Größe des Voreinstellungsversatzes, die eingestellt wird, wenn der Grad der Abmessungsvariation 0% beträgt.

Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird bevorzugt in dem Photomaskenherstellungsverfahren, wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur ein positives Vorzeichen aufweist, der gegebene Strahl derart gesteuert, daß der Strahlbestrahlungsbereich als ein Bereich gegeben wird, der durch Verschmälern des Bestrahlungsbereiches in der ersten Richtung um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes erhalten wird.

Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung ist bei dem Photomaskenherstellungsverfahren das Muster bevorzugt ein lineares Verbindungsmuster.

Gemäß einem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist bei dem Photomaskenherstellungsverfahren das Muster bevorzugt eine rechteckige Öffnung auf und der Rand des Musters entspricht einem Teil der Seite der Öffnung.

Bevorzugt ist gemäß einem siebten Aspekt der Erfindung bei dem Photomaskenherstellungsverfahren der gegebene

Strahl ein Laserlichtstrahl.

Bevorzugt ist gemäß einem achten Aspekt der Erfindung bei dem Photomaskenherstellungsverfahren der gegebene Strahl ein Ionenstrahl.

Ein neunter Aspekt der Erfindung ist auf eine Halbleitereinrichtung gerichtet, die ein Halbleitersubstrat und ein integriertes Schaltungsmuster aufweist, das auf der Grundlage eines Resistmusters erhalten ist, das durch Übertragen des Musters auf das Halbleitersubstrat unter Verwendung einer Photomaske erhalten ist, die durch das Photomaskenherstellungsverfahren des ersten Aspektes hergestellt ist.

Ein zehnter Aspekt der vorliegenden Erfindung ist auf eine Halbleitervorrichtung gerichtet, die ein Halbleitersubstrat und ein integriertes Schaltungsmuster aufweist, das auf der Grundlage eines Resistmusters erhalten ist, das durch Übertragen des Musters auf das Halbleitersubstrat unter Verwendung einer Photomaske erhalten ist, die durch das Photomaskenherstellungsverfahren des vierten Aspektes hergestellt ist.

Ein elfter Aspekt der vorliegenden Erfindung ist auf ein Herstellungsverfahren einer Photomaske mit einem Quarzglas und benachbarten ersten und zweiten Mustern, die aus einem Metallfilm gebildet sind, der auf einer Oberfläche des Quarzglases gebildet ist, gerichtet. Gemäß der Erfindung enthält das Verfahren die Schritte: Erfassen, ob die Muster einen lichtundurchlässigen Defekt aufweisen, der mit dem ersten und zweiten Muster zusammenhängt und eine erste Breite in einer ersten Richtung und eine zweite Breite in einer zweiten Richtung aufweist, wobei die zweite Richtung senkrecht zu der ersten Richtung ist und einer Richtung entspricht, in der sich die Ränder der Muster erstrecken, und, wenn der lichtundurchlässige Defekt in dem Schritt des Erfassens erfaßt wird, Entfernen des lichtundurchlässigen Defektes durch Richten eines gegebenen Strahles auf einen korrigierten Bestrahlungsbereich, der durch Korrigieren eines Bestrahlungsbereiches auf der Oberfläche des Quarzglases in der ersten Richtung, der den lichtundurchlässigen Defekt aufweist und eine dritte Breite, die der ersten Breite entspricht, und eine vierte Breite entsprechend in der ersten und zweiten Richtung aufweist, auf der Grundlage einer Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur erhalten wird, wobei die Größe des Voreinstellungsversatzes gemäß einer Ausgabebedingung des gegebenen Strahles, der Abmessung in der ersten Richtung eines Bereiches auf der Oberfläche des Quarzglases, in dem der lichtundurchlässige Defekt vorhanden ist, und einer Größe des lichtundurchlässigen Defektes derart eingestellt wird, daß, wenn die Muster auf ein Halbleitersubstrat, um Resistmuster zu bilden, unter Verwendung der Photomaske übertragen werden, die nach dem Schritt des Richtens des gegebenen Strahles erhalten wird, der Grad der Abmessungsvariation der Resistmuster in Bezug zu der ursprünglichen Abmessung der Resistmuster, die ohne den lichtundurchlässigen Defekt erhalten werden, in einen gegebenen Bereich fällt. Die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur weist einen Absolutwert auf, der gleich zu der Summe eines Absolutwertes einer ersten Größe des Voreinstellungsversatzes und eines Absolutwertes einer zweiten Größe des Voreinstellungsversatzes ist, und der Strahlbestrahlungsbereich enthält den Bestrahlungsbereich, einen ersten Musterreparaturbereich, der sich in das erste Muster in der ersten Richtung um den Absolutwert der ersten Größe des Voreinstellungsversatzes von einer Grenze zwischen dem ersten Muster und dem lichtundurchlässigen Defekt erstreckt, und einen zweiten Musterreparaturbereich, der sich in das zweite Muster in der ersten Richtung um den Absolutwert der zweiten Größe des Voreinstellungsversatzes von einer Grenze zwischen dem zweiten Muster und dem lichtundurchlässigen Defekt erstreckt.

Gemäß einem zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung weisen bei dem Photomaskenherstellungsverfahren der erste und zweite Musterreparaturbereich bevorzugt jeweils in der zweiten Richtung eine Breite auf, die größer ist als die zweite Breite.

Ein dreizehnter Aspekt der vorliegenden Erfindung ist auf eine Halbleitereinrichtung gerichtet, die ein Halbleitersubstrat und ein integriertes Schaltungsmuster aufweist, das auf der Grundlage eines Resistmusters erhalten ist, das durch Übertragen der Muster auf das Halbleitersubstrat unter Verwendung einer Photomaske erhalten ist, die durch das Photomaskenherstellungsverfahren des elften Aspektes hergestellt ist.

Ein vierzehnter Aspekt der Erfindung ist auf eine Photomaske gerichtet, die ein Quarzglas und ein Muster aufweist, das aus einem Metallfilm gebildet ist, der auf einer Oberfläche des Quarzglases gebildet ist, wobei ein Teil eines Randes des Musters fehlt.

Gemäß einem fünfzehnten Aspekt der Erfindung enthält die Photomaske bevorzugt weiter ein anderes Muster, das auf der Oberfläche des Quarzglases gebildet ist, das aus einem Metallfilm gebildet ist und das benachbart zu dem Muster ist, wobei ein Teil eines Randes des zusätzlichen Musters der einem Rand des Musters zugewandt ist, auch fehlt.

Ein sechzehnter Aspekt der Erfindung ist auf eine Halbleitervorrichtung gerichtet, die ein Halbleitersubstrat und ein integriertes Schaltungsmuster aufweist, das auf der Grundlage eines Resistmusters erhalten ist, das durch Übertragen des Musters auf das Halbleitersubstrat unter Verwendung der Photomaske des vierzehnten Aspektes erhalten ist.

Gemäß dem ersten und elften Aspekt der Erfindung kann eine Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt geeignet korrigiert werden, so daß die Abmessungsvariation auf dem Resistmuster, das durch Übertragen des reparierten Musters auf der Photomaske gebildet wird, innerhalb eines für die Vorrichtungsqualität erlaubten Bereiches beschränkt wird.

Gemäß dem zweiten und zwölften Aspekt der Erfindung kann der Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur relativ klein eingestellt werden, so daß verhindert werden kann, daß der reparierte Abschnitt als Defekt nach der Reparatur des lichtundurchlässigen Defektes erfaßt wird.

Gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung wird der lichtundurchlässige Defekt vollständig durch die Bestrahlung durch den Strahl entfernt, wird ein Teil des Musters in dem Musterreparaturbereich zusammen entfernt und wird der Quarzglasabschnitt direkt darunter freigelegt. Folglich wird, wenn das reparierte Muster auf der Photomaske auf ein Resist auf einem Halbleitersubstrat übertragen wird, das Licht durch den freigelegten Quarzglasabschnitt durch Streuung usw., auch auf die Resistschicht übertragen, die direkt unterhalb des Quarzglasabschnittes angeordnet ist, von dem der lichtundurchlässige Defekt entfernt wurde (ein reparierter Defektabschnitt). Dies kompensiert vollständig die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt und die Resistschicht kann mit Licht derart belichtet werden, als ob der Transmissionsfaktor nicht verringert wäre. Das so durch die Übertragung erhaltene Resistmuster stimmt mit dem ursprünglichen Resistmuster überein, daß erhalten werden soll.

Gemäß dem vierten Aspekt der Erfindung kann die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem Quarzglasabschnitt direkt unterhalb des verbleibenden und in dem reparierten Defektabschnitt geeignet korrigiert werden, so daß die Abmessungsvariation auf dem Resistmuster, das durch Übertragen des reparierten Musters auf der Photomaske gebildet wird, in einem Bereich beschränkt werden, der für die Vorrichtungsqualität zugelassen ist.

Gemäß dem vierzehnten und sechzehnten Aspekt der Erfindung kann, wenn das Muster auf der Photomaske auf eine Resistschicht übertragen wird, das Licht durch den fehlenden Abschnitt in dem einen Rand des Musters durch Streuung, usw., auf die Resistschicht direkt unterhalb des Quarzglasabschnittes zwischen benachbarten Musterrändern übertragen werden, um zur Belichtung der Schicht beizutragen. Es ist somit möglich, eine Halbleitereinrichtung zu erhalten, bei der die Abmessungsvariation des schließlich erzeugten Resistmusters und des integrierten Schaltungsmusters, das auf der Grundlage des Resistmusters gebildet ist, auf 0 unterdrückt ist oder innerhalb eines zulässigen Bereiches eingeschränkt ist, der gemäß den Entwurfsmusterabmessungen der Halbleitereinrichtung benötigt wird.

Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden von der folgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung anhand der Figuren deutlicher werden. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht, die einen lichtundurchlässigen Defekt zeigt, der mit einem Rand eines linearen Metallfilmverbindungs-musters auf einer CrON-Photomaske verbunden ist,

Fig. 2 eine Draufsicht, die einen Strahlbestrahlungsbereich gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt,

Fig. 3 eine Draufsicht, die die Photomaske zeigt, die erhalten wird, nachdem der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt durch Bestrahlen des Strahlbestrahlungsbereiches, der in **Fig. 2** gezeigt ist, mit einem Laserlicht entfernt wurde,

Fig. 4A, 4B u. 5 sind Draufsichten, die Halbleitereinrichtungen zeigen, die jeweils ein Resistmuster aufweisen, das durch Übertragen des Verbindungsmusters auf der Photomaske, die in **Fig. 3** gezeigt ist, auf eine Resistschicht gebildet ist,

Fig. 6 eine Draufsicht der Photomaske, die einen Strahlbestrahlungsbereich zeigt, der eingestellt ist, wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur ein positives Vorzeichen aufweist,

Fig. 7 eine Draufsicht, die die Photomaske zeigt, die erhalten wird, nachdem ein Teil des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes durch Bestrahlen des Strahlbestrahlungsbereiches, der in **Fig. 6** gezeigt ist, mit einem Laserlicht entfernt ist,

Fig. 8 eine Darstellung, die die Beziehung zwischen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur und des Grades der Abmessungsvariation auf einem Resistmuster, das durch Übertragen eines reparierten Metallfilmverbindungs-musters auf einen Halbleiterwafer gebildet ist, was hier in einem Beispiel erhalten wurde, bei dem in einem Metallfilmverbindungs-muster, das auf einer CrON-Photomaske gebildet ist und eine Verbindungsbreite und ein Verbindungsintervall in einer ersten Richtung aufweist, die beide gleich zu 1 µm sind, ein 0,5 µm breiter lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt, der mit einem Rand des Metallfilmmusters zusammenhängt, unter Verwendung eines Laserlichtes repariert wurde,

Fig. 9A eine Draufsicht einer Photomaske, die ein Beispiel eines Strahlbestrahlungsbereiches zur Reparatur und Entfernung eines Brückendefektes zeigt,

Fig. 9B eine Draufsicht, die ein Beispiel einer Photomaske zeigt, die erhalten wird, nachdem der Brückendefekt repariert und entfernt wurde,

Fig. 9C eine Draufsicht, die eine Halbleitereinrichtung mit einem Resistmuster zeigt, das unter Verwendung der in **Fig. 9B** gezeigten Photomaske gebildet ist.

Fig. 10 eine Ansicht, die die Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur und den Grad einer Abmessungsvariation eines Resistmusters zeigt, das durch Übertragen eines reparierten Metallfilmmusters auf einen Halbleiterwafer gebildet ist, was aus Beispielen erhalten wurde, in denen bei zwei benachbarte Metallfilmverbindungs-muster, die auf einer CrON-Photomaske gebildet sind und eine Verbindungsbreite und einen Verbindungsintervall in einer ersten Richtung aufweisen, die beide ungefähr gleich zu 1 µm sind, lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte, die mit den entsprechenden Rändern der Verbindungsmuster zusammenhängen und entsprechend eine Breitenabmessung von 1 µm und 3 µm in der zweiten Richtung aufweisen, unter Verwendung eines Laserlichtes repariert wurden.

Fig. 11 eine Darstellung, die die Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur und den Grad der Abmessungsvariation eines Resistmusters zeigt, das durch Übertragen eines reparierten Metallfilmverbindungs-musters auf einen Halbleiterwafer gebildet ist, was aus einem Beispiel erhalten wurde, bei dem in zwei benachbarten Metallfilmverbindungs-mustern, die auf einer CrON-Photomaske gebildet sind und eine Verbindungsbreite und ein Verbindungsintervall in einer ersten Richtung aufweisen, die beide ungefähr 1,2 µm sind, lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte, die mit dem Metallfilmverbindungs-mustern zusammenhängen und entsprechend eine Breitenabmessung von 0,5 µm und 3 µm in der zweiten Richtung aufweisen, unter Verwendung eines Laserlichtes repariert wurden,

Fig. 12 einen Ablaufplan, der einen Vorgang zur Erzeugung eines integrierten Schaltungsmusters einer Halbleitereinrichtung zeigt, das einen Vorgang zur Erzeugung einer Photomaske enthält,

Fig. 13 eine Darstellung, die den Aufbau einer Laserreparaturvorrichtung und ihr Prinzip zeigt,

Fig. 14 einen Ablaufplan, der den Vorgang zum Reparieren eines lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes mit einem Laserlicht zeigt,

Fig. 15 eine Draufsicht einer Photomaske, die ein Beispiel eines Strahlbestrahlungsbereiches zum Reparieren eines abgetrennten, lichtundurchlässigen Defektes zeigt, der nahe an einem Verbindungsmusterrand vorhanden ist,

Fig. 16 u. 17 Draufsichten von Photomasken, die jeweils einen lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt zeigen, der mit einem Rand eines Verbindungsmusters verbunden ist, das nicht perfekt linear ist,

Fig. 18 eine Draufsicht, die einen lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt zeigt, der mit einem Rand eines Metallfilmmusters auf einer MoSiON-Halbleitphasenverschiebungsphotomaske in einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verbunden ist,

Fig. 19 eine Draufsicht der Phasenverschiebungsphotomaske, die einen Strahlbestrahlungsbereich in der zweiten bevorzugten Ausführungsform zeigt,

Fig. 20 eine Draufsicht, die die Phasenverschiebungsphotomaske zeigt, die erhalten wird, nachdem der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt durch Bestrahlen des Strahlbestrahlungsbereiches von Fig. 19 mit einem Laserlicht entfernt wurde,

Fig. 21A u. 21B Draufsichten, die jeweils eine Halbleitervorrichtung zeigen, die ein Resistmuster aufweisen, das durch Übertragen des Lochmusters der Photomaske in Fig. 20 auf eine Resistschicht gebildet ist,

Fig. 22 eine Darstellung, die die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur und den Grad der Abmessungsvariation eines Resistmusters, das durch Übertragen eines reparierten Lochmusters auf einen Halbleiterwafer gebildet ist, zeigt, das aus Beispielen erhalten wurde, in denen bei Metallfilmmustern, die entsprechend Lochgrößen von $1,2\text{ }\mu\text{m}$, $1,4\text{ }\mu\text{m}$ und $1,5\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen und auf der MoSiON-Halbleitersphasenverschiebungsphotomaske gebildet sind, die in der zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gezeigt ist, lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte mit einer Breite von ungefähr $0,5\text{ }\mu\text{m}$ sowohl in der ersten als auch in der zweiten Richtung, die mit einem Rand des Metallfilmmusters zusammenhängen, mit einem Laserlichtstrahl repariert sind,

Fig. 23 eine Darstellung, die die Beziehung zwischen der Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur und des Grades der Resistabmessungsvariation in dem Fall des Ionenstrahlätzens in einer dritten bevorzugten Ausführungsform zeigt,

Fig. 24 eine Darstellung, die einen Aufbau einer Ionenstrahlätzvorrichtung und ihr Prinzip zeigt,

Fig. 25 einen Ablaufplan, der ein Vorgehen des Reparierens eines lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes durch Ionenstrahlätzen zeigt,

Fig. 26 eine Draufsicht einer Photomaske, die einen Strahlbestrahlungsbereich in einer vierten bevorzugten Ausführungsform zeigt,

Fig. 27 eine Draufsicht, die die Photomaske zeigt, die erhalten wird, nachdem der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt durch Bestrahlen des Bestrahlungsbereiches von Fig. 26 mit Laserlicht entfernt wurde.

Fig. 28 eine Draufsicht, die lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte zeigt, die mit Metallfilmverbindungsmustern einer Photomaske verbunden sind,

Fig. 29 eine Draufsicht, die herkömmliche Bereiche zeigt, die mit einem Laserlicht oder einem Ionenstrahl zu bestrahlen sind,

Fig. 30 eine Darstellung, die den herkömmlichen Musteraufbau zeigt, der erhalten wird, nachdem er durch ein der Anmelderin bekanntes Reparaturverfahren repariert wurde, und

Fig. 31 eine Draufsicht, die ein herkömmliches Resistmuster zeigt, das durch Übertragen des in Fig. 30 gezeigten Photomaskenmusters auf einen Wafer gebildet ist.

Erste bevorzugte Ausführungsform

Diese bevorzugte Ausführungsform ist auf eine Photomaske mit einem Muster eines Metallfilms aus CrON, das als lineares Verbindungsmuster auf der Oberfläche eines Quarzglas gebildet ist, gerichtet. Speziell ist diese bevorzugte Ausführungsform auf ein Herstellungsverfahren einer Photomaske gerichtet, bei dem ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt von lichtundurchlässigen Defekten, die während der Herstellung des Photomaskenmusters gebildet sind, geeignet repariert werden kann, so daß das Photomaskenmuster auf einen Halbleiterwafer übertragen werden kann, ohne daß die Abmessungen des Resistmusters (schließlich des integrierten Schaltungsmusters) über den zulässigen Bereich hinaus variieren. Diese bevorzugte Ausführungsform zeigt auch einen Aufbau des Metallfilmverbindungsmusters, das nach der Reparatur/der Entfernung der lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekte gebildet ist. Das Verfahren zum Reparieren von lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekten und das Prinzip der Reparatur wird zuerst beschrieben.

Fig. 1 bis 7 zeigen ein Beispiel eines lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes, der auf einer Photomaske gebildet ist, die einen ungefähr $0,1\text{ }\mu\text{m}$ dicken Film aus CrON aufweist, der als lineares Metallfilmverbindungsmuster auf einer Oberfläche des Quarzglas gebildet ist. Der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt wird unter Verwendung eines Impulslaserlichtes (z. B. ein YAG-Licht) mit einer Wellenlänge von ungefähr 530 nm , einer Ausgabe von ungefähr 1 mJ /Impuls (mJ = Millijoule) und einer Impulsbreite von ungefähr $0,8\text{ ns}$ bis $0,9\text{ ns}$ (ns = Nanosekunden) repariert. Die Darstellungen sind als Draufsichten der Photomaske gezeichnet. Von den Darstellungen zeigt Fig. 1 den Oberflächenaufbau einer Photomaske 10 vor der Reparatur des lichtundurchlässigen Defekts. Wie in dieser Zeichnung gezeigt ist, weist eine Mehrzahl von Streifen des Verbindungsmusters 12, das auf der Quarzglasoberfläche der Photomaske 10 gebildet ist, eine Verbindungsmusterbreite L und ein Verbindungsmusterintervall S von ungefähr $1\text{ }\mu\text{m}$ in einer ersten Richtung D1 auf, und die Streifen sind aus einem CrON-Metallfilm gebildet und zueinander parallel entlang einer zweiten Richtung D2 angeordnet, die senkrecht zur ersten Richtung D1 ist. Es wird nun angenommen, daß ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt 13 mit einer Breite (erste Breite) w_1 (= ungefähr $0,5\text{ }\mu\text{m}$) in der ersten Richtung D1 und einer Breite (zweite Breite) w_2 in der zweiten Richtung D2 in dem Quarzglasabschnitt 11 zwischen benachbarten Streifen des Verbindungsmusters 12 vorhanden ist. Dieser lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 13 ist mit einem Teil (einer Grenze) von einem Rand 12E des Streifens des Verbindungsmusters 12 verbunden.

In dieser bevorzugten Ausführungsform ist, wie in Fig. 2 gezeigt ist, ein Strahlbestrahlungsbereich 14, in dem die Quarzglasoberfläche der Photomaske 10 mit einem Laserlicht bestrahlt wird, derart eingestellt, daß er enthält: (1) einen rechteckigen Bestrahlungsbereich 14A (der dem Bestrahlungsbereich der der Anmelderin bekannten Technik entspricht), der den lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 13 enthält und die Breite (dritte Breite) w_1 in der ersten Richtung D1 und die Breite (vierte Breite) w_2 in der zweiten Richtung D2 aufweist, und (2) einen reparierten Rechteckmusterbereich 14B, der sich in das Verbindungsmuster 12 von der Grenze zwischen dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 13 und dem Streifen des Verbindungsmusters 12 (im folgenden einfach als Verbindungsmuster 12 bezeichnet), der der Ausdehnung des Randes 12E des Verbindungsmusters 12 entspricht, erstreckt, wobei sich der Bereich 14B um den Absolutwert einer Größe des System- bzw. Vorspannungsversatzes der Reparatur Δw (oder einer optimalen Größe des Vorspannungs- bzw. Systemversatzes der Reparatur Δw_0) in der negativen Richtung der ersten Richtung D1 erstreckt und eine Breite w_2 in der zweiten Richtung D2 aufweist. Das heißt, daß der Bestrahlungsbereich 14A, der in

dem der Anmelderin bekannten Reparaturverfahren verwendet wird, in der ersten Richtung D1 auf der Grundlage der Größe des Systemversatzes der Reparatur Δw (oder der optimalen Größe des Systemversatzes der Reparatur Δw_0) derart korrigiert (oder vergrößert) ist, daß der geeignete Strahlbestrahlungsbereich 14 eingestellt ist.

Als nächstes wird Laserlicht in dem Strahlbestrahlungsbereich 14 von Fig. 2 derart beaufschlagt, daß der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 13 und der CrON-Film, der in dem Bereich 14 vorhanden ist, entfernt werden. Fig. 3 zeigt die Oberflächenstruktur der Photomaske 10, die nach dem Entfernen erhalten wurde. Wie in dieser Figur gezeigt ist, ist der Teil ME des einen Randes 12E des reparierten Verbindungsmusters 12, der dem Abschnitt 15 des Quarzglasabschnittes 12 zugewandt ist, von dem der licht- undurchlässigen Ausdehnungsdefekt entfernt wurde (der als reparierter Defektabschnitt bezeichnet wird), von der ursprünglichen Position des Randes 12E in der negativen Richtung der ersten Richtung D1 ausgespart. In anderen Worten, ein Teil des einen Randes 12E fehlt in dem speziellen Verbindungsmuster 12 auf der Photomaske 10, von der der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt entfernt wurde, und das Verbindungsmuster 12 weist einen ausgesparten Abschnitt 16 auf, der eine Breite gleich zu dem Absolutwert der Größe des Systemversatzes der Reparatur Δw (oder der optimalen Größe des Systemversatzes der Reparatur Δw_0) in der ersten Richtung D1 und die Breite w_2 in der zweiten Richtung D2 aufweist. Während der photomechanische Vorgang unter Verwendung der Photomaske 10 mit diesem Verbindungsmuster 12 durchgeführt wird, wird die Photomaske 10 aus folgendem Grund

Wie schon beschrieben wurde, absorbiert der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt, der aus dem CrON-Metallfilm gebildet ist, die Energie des Laserlichts und wird somit erwärmt und durch Verdampfen entfernt, wenn er der Laserlichtbestrahlung ausgesetzt wird. In diesem Vorgang wird der Teil des Quarzglases, der dem reparierten Defektabschnitt entspricht, oder die Basis unterhalb des entfernten lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes auch auf eine hohe Temperatur erwärmt und daher wird die Oberfläche des Teiles des Quarzglases, der dem reparierten Defektabschnitt entspricht, rau und weist kleine Unregelmäßigkeiten auf (d. h. er wird beschädigt). Dies verursacht, daß der Transmissionsfaktor in dem reparierten Defektabschnitt 15 (Fig. 3) geringer wird als der in dem Quarzglasabschnitt, der frei von lichtundurchlässigen Fehlern ist. Wenn zum Beispiel ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt unter Verwendung eines Laserlichts mit den oben erwähnten Abgabebedingungen repariert und entfernt wird und wenn der Transmissionsfaktor in dem defektfreien Abschnitt des Quarzglases als 100 angenommen wird, dann war der Transmissionsfaktor in dem reparierten Defektabschnitt 15 92 in dem Fall einer Wellenlänge von 148 nm und 96 in dem Fall einer Wellenlänge von 365 nm.

Die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt 15 kann kompensiert werden durch die folgende Maßnahme, wenn das Verbindungsmuster 12 auf der Photomaske 10 auf den Resist auf einem Halbleiterwafer übertragen wird. Das heißt, daß die Verringerung der Intensität des Lichtes, das den Resistabschnitt direkt unterhalb des Abschnittes 15 direkt durch den Abschnitt 15 erreicht, dadurch ausgeglichen werden kann, daß eine größere Lichtmenge in den Resistabschnitt direkt unterhalb des Abschnittes 15 von der Peripherie des Abschnittes 15 durch Beugung oder Streuung gelangen kann. Es wird angenommen, daß eine solche Kompensation zur Verringerung der Lichtmenge auch in dem der Anmelderin bekannten Defektreparaturverfahren, das in Fig. 29 gezeigt ist, durchgeführt wurde durch das durch die Quarzglasabschnitte 71 (Fig. 28) um die reparierten Defektabschnitte 75 (Fig. 30) übertragene Licht. Es wird jedoch angenommen, daß die Kompensation ungenügend war. Aus diesem Grund wird die Photomaske 10, bei der ein Teil des Randes 12E des Verbindungsmusters 12 positiv entfernt ist, hergestellt, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Das heißt, daß der Abschnitt des Quarzglases, der unmittelbar unter dem ausgesparten Abschnitt 16 (dieser Teil wird als Quarzglasabschnitt 16 bezeichnet) in dem Verbindungsmuster 12 liegt, nach der Bestrahlung des Laserlichtes neu freigelegt ist. Wenn das Muster 12 auf den Halbleiterwafer übertragen wird, gelangt dann ein Teil des Lichtes, das durch den Quarzglasabschnitt 16 übertragen wird, in den Resistabschnitt direkt unterhalb des reparierten Defektabschnittes 15 durch Beugung oder Streuung, wodurch ermöglicht wird, daß der Resistabschnitt mit einer erhöhten Lichtmenge bestrahlt wird. Diese Erhöhung der Lichtmenge wird positiv dazu verwendet, daß die Verringerung der Lichtmenge aufgrund der Verringerung des Transmissionsfaktors kompensiert wird. In diesem Fall wird der Quarzglasabschnitt 16 von Fig. 3 auch während der Bestrahlung des Laserlichtes beschädigt und daher ist der Transmissionsfaktor in dem Abschnitt 16 auch verringert, was die Lichtmenge verringert, die auf den Resistabschnitt direkt unterhalb des Abschnittes 16 in dem Übertragungsvorgang einfällt. Es wird angenommen, daß die Menge des Zusatzlichtes von der Peripherie des Abschnittes 16 geringer ist als in dem reparierten Fehlerabschnitt 15.

Aus diesem Grund muß es bei der Übertragung eine solche optimale Größe des Korrekturversatzes Δw_0 geben, daß die folgenden zwei Größen gleich werden: (1) die Größe der Verringerung des Lichtes, das auf den Resistabschnitt direkt unterhalb des reparierten Defektabschnittes 15 durch den Abschnitt 15 fällt, und (2) die Größe (eine Erhöhung) des Lichtes, die auf den Resistabschnitt durch den Quarzglasabschnitt 16 und den Quarzglasabschnitt 11 um den reparierten Defektabschnitt 15 herum einfällt. Folglich kann bei der Übertragung das Resistmuster ($Sw1 = Sw2$), das in Fig. 4A gezeigt ist, erhalten werden durch Erzielen der optimalen Größe des System- bzw. Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 im voraus durch Versuche. Fig. 4A ist eine Draufsicht, die eine Halbleitereinrichtung 100 mit einem Resistmuster 2 zeigt, das durch Übertragen des Verbindungsmusters 12 der Photomaske 10 auf ein Positivresist, das auf einem Halbleiterwafer oder einem Halbleitersubstrat 1 gebildet ist, unter Verwendung der Photomaske 10 erhalten wird, die durch Beaufschlagen des Strahlbestrahlungsbereiches 14 mit Laserlichtbestrahlung erhalten ist, wobei der Bereich 14 derart eingestellt ist, daß er den Bestrahlungsbereich 14A und den reparierten Musterbereich 14B, der sich in der Minusrichtung der ersten Richtung D1 um den Absolutwert der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 , wie in Fig. 2 gezeigt ist, erstreckt, enthält. In dieser Zeichnung bezeichnet das Bezugszeichen Sw1 das Originalresistmusterintervall in dem Abschnitt ohne lichtundurchlässigen Defekt, und das Bezugszeichen Sw2 bezeichnet das Resistmusterintervall in dem Abschnitt, der dem reparierten Defektabschnitt 15 in Fig. 3 entspricht, und in diesem Fall ist $Sw1 = Sw2$.

Hier ist das Vorzeichen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw als Minuszeichen dargestellt, wenn ein Rand des Verbindungsmusters, nachdem es repariert ist, von der Position des ursprünglichen Musterrandes in der negativen Richtung der ersten Richtung D1 ausgespart ist, und das Vorzeichen ist als Pluszeichen dargestellt, wenn der Defektabschnitt in der Nähe der Grenze verbleibt, d. h. wenn der Musterrand, nachdem er repariert ist, von dem Originalmusterrand in der positiven Richtung der ersten Richtung D1 vorsteht. Folglich sind Fig. 3 und 4A und Fig. 4B und 5, die

später beschrieben werden, Beispiele, bei denen die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw ein negatives Vorzeichen aufweist.

Wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw als $\Delta w < \Delta w_0 < 0$ eingestellt ist, da die Fläche des Quarzglasabschnittes 16 von Fig. 3 mehr erhöht ist, wird die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem Abschnitt 16 teilweise kompensiert durch die Erhöhung auch in dem Abschnitt 16, so daß ein fehlender oder ausgespartter Abschnitt in dem Rand 2E auf dem übertragenen Resistmuster 2 gebildet ist, wie in Fig. 4B gezeigt ist. Dann ist der Randabschnitt 2EA, der dem reparierten Defektabschnitt 15 entspricht, ausgespart, und das Resistmusterintervall Sw2 wird größer als das ursprüngliche Resistmusterintervall Sw1.

Wenn andererseits die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw als $\Delta w_0 < \Delta w < 0$ eingestellt ist, wird die Verringerung des Transmissionsfaktors nicht vollständig nur in dem Quarzglasabschnitt 16 sondern auch in einem Teil des reparierten Defektabschnittes 15 (der Teil nahe der Grenze) kompensiert und dann wird das Resistmusterintervall Sw2 kleiner als das Resistmusterintervall Sw1, wie in Fig. 5 gezeigt ist.

Wie oben beschrieben wurde, ist es am effektivsten bei der Laserlichtbestrahlung, das optische System auf dem optischen Weg des Laserlichtes derart zu steuern, daß die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw gleich zu der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ist. Die lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekte können jedoch durch die Bestrahlung des Laserlichtes wie folgt repariert werden, selbst wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw nicht gleich zu der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ist. Das heißt, das ein gegebener Bereich (zulässiger Bereich) der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw derart erhalten wird, daß ein Variationsgrad des tatsächlichen Resistmusterintervalls Sw2 bezüglich dem ursprünglichen Resistmusterintervall Sw1, $(Sw2 - Sw1) \times 100 / Sw1 (\%)$, innerhalb eines zulässigen Bereiches fällt, der gemäß den Vorrichtungsentwurfsmusterabmessungen bestimmt ist, und das optische System an dem optischen Weg des Laserlichtes wird derart gesteuert, daß das Laserlicht innerhalb des Strahlbestrahlungsbereiches beaufschlagt wird, der durch eine Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw innerhalb des zulässigen Bereiches (Steuerung des Laserlichtstrahles) bestimmt ist.

Wenn die Entwurfsmusterabmessungen relativ groß sind, wobei in diesem Fall die Variation der Resistmusterabmessungen kein ernstes Problem beim Stand der Technik ist, können die lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekte mit der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw mit einem positiven Vorzeichen repariert werden. Es wird angenommen, daß die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 0 μm beträgt. Fig. 6 ist eine Draufsicht, die einen Strahlbestrahlungsbereich 14 auf der Photomaske 10 in diesem Fall zeigt. In diesem Fall ist, wie in der Figur gezeigt ist, der Strahlbestrahlungsbereich 14 als ein Bereich gegeben, der durch Verschmälern des ursprünglichen Bestrahlungsbereiches 14A, der in Fig. 2 gezeigt ist, um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in der ersten Richtung D1 erhalten wird. Folglich verbleibt ein Teil des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes 13 nach der Bestrahlung des Laserlichtes und wird als Bereich zurückgelassen, der um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw auf der positiven Seite in der ersten Richtung D1 von der Verbindung oder Grenze zwischen dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 13 und dem einen Rand 12E des Verbindungsmusters 12 vorsteht.

Fig. 7 zeigt schematisch den Aufbau in der Draufsicht der Photomaske 10, die einer solchen Reparatur des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes ausgesetzt wurde. Wie in der Figur gezeigt ist, ist das verbleibende 17 des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes 13 mit dem einen Rand 12E des Verbindungsmusters 12 verbunden.

Es wird angenommen, daß, selbst wenn eine solche Photomaske 10 verwendet wird, die Verringerung der Lichtmenge, die durch die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt 15 bedingt ist, und das Vorhandensein des verbleibenden Teiles 17 ausreichend versetzt bzw. kompensiert werden kann, wenn die Entwurfsmusterabmessung relativ groß ist (z. B. ungefähr 3 μm oder größer auf einer Photomaske). Das heißt, daß der Bereich auf dem Quarzglasabschnitt 11 um den reparierten Defektabschnitt 15 von Fig. 7 herum relativ groß in diesem Fall ist, so daß, wenn das Verbindungsmuster 12 von Fig. 7 auf den Resist auf einem Halbleiterwafer durch Photolithographie übertragen wird, eine relativ große Lichtmenge in den Resistabschnitt direkt unterhalb des reparierten Defektabschnittes 15 und des verbleibenden Teiles 17 durch den Quarzglasabschnitt 11 um den reparierten Defektabschnitt 15 herum eindringt. Wenn der Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur $\Delta w (> 0)$ geeignet eingestellt ist, kann folglich der Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters, das übertragen wurde, bezüglich den Abmessungen des Originalresistmusters innerhalb des gegebenen zulässigen Bereiches fallen. In diesem Fall ist die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw als ein Wert innerhalb eines zulässigen Bereiches der Variation von der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 , die dem Wert 0 entspricht, gegeben.

Nun werden Ergebnisse von Versuchsphotomasken beschrieben, die auf der Grundlage des oben beschriebenen Reparaturverfahrens für lichtundurchlässige Ausdehnungseffekte auf einer Photomaske erhalten wurden.

Zuerst wurde auf den Verbindungsmustern, die aus dem CrON-Film auf dem Quarzglas mit der Breite L und dem Intervall S, die beide ungefähr 1 μm betragen, gebildet sind, ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt 13 (siehe Fig. 1) mit der Breite w1 und der Breite w2, die beide gleich zu 0,5 μm sind, und der mit einem Rand von einem der Verbindungsmuster zusammenhängt, auf der Grundlage des oben beschriebenen Reparaturverfahrens für licht- undurchlässige Ausdehnungsdefekte mit einer variierten Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw unter den oben erwähnten Laserlichtabgabebedingungen repariert, und die Beziehung zwischen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw und dem Abmessungsvariationsgrad ΔSw des Resistmusters 2 (siehe Fig. 4) auf einem Halbleiterwafer (was als $(Sw2 - Sw1) \times 100 / Sw1$ gegeben ist) wurde tatsächlich gemessen. Die Ergebnisse der Messungen sind in Fig. 8 gezeigt. Wie in der Darstellung gezeigt ist, ist der Abmessungsvariationsgrad ΔSw des Resistmusters auf dem Halbleiterwafer 0%, wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw ungefähr -0,06 μm beträgt. Folglich kann die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur 20 als -0,06 μm festgelegt werden. Um zum Beispiel den Abmessungsvariationsgrad ΔSw innerhalb des Variationsbereiches (der dem gegebenen zulässigen Bereich entspricht) von $\pm 10\%$ bezüglich der Resistabmessung Sw1 in den Bereichen auf der Photomaske, die frei von lichtundurchlässigen Defekten sind, zu steuern, war die zulässige Größe 21 der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in dem

Bereich von ungefähr $+0,04 \mu\text{m}$ bis $-0,16 \mu\text{m}$ (es wird angemerkt, daß $\Delta w = 0$ ausgenommen ist).

Wenn der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 13, der mit einem Rand des Verbindungsmusters 12, das die Breite L und das Intervall S (Fig. 1) aufweist, die beide gleich zu $1 \mu\text{m}$ sind, die Breitenabmessungen w_1 und w_2 , die beide gleich zu $1 \mu\text{m}$ sind, oder die Breitenabmessung w_1 von $1 \mu\text{m}$ und die Breitenabmessung w_2 von $3 \mu\text{m}$ aufweist, sind benachbarte Verbindungsmuster 12 auf beiden Seiten des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes 13 durch den lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 13 verbunden. Folglich wird der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 13 in diesem Fall als Brückendefekt bezeichnet. Auch in diesem Fall ist es möglich, den Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters, das auf dem Halbleiterwafer gebildet ist, innerhalb eines zulässigen Bereiches zu halten, der den Wert 0 enthält, durch Anwenden des Reparaturverfahrens des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes, das unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 7 beschrieben ist. In diesem Fall wird das Reparaturverfahren des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes auf einen Streifen oder beide Streifen des Verbindungsmusters derart angewendet, daß der Rand oder die Ränder des reparierten Verbindungsmusters ausgespart sind (wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur $\Delta w < 0$ ist) oder vorstehen (wenn $\Delta w > 0$) von der ursprünglichen Position oder Positionen, so daß die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt 15 (Fig. 3, Fig. 7) kompensiert wird. Fig. 9A zeigt ein Beispiel, bei dem die Grenzen zwischen den Rändern 12E von beiden Streifen des Verbindungsmusters 12 und der Brückendefekt 13 entsprechend um den Absolutwert einer ersten Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_1 und den Absolutwert einer zweiten Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_2 entsprechend ausgespart sind. Es wird darauf hingewiesen, daß die Summe des Absolutwertes der ersten Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_1 und des Absolutwertes der zweiten Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_2 gleich zu dem Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw ist, der oben beschrieben ist. Die gleiche Idee ist auf die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 anzuwenden, und die Summe des Absolutwertes einer ersten optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_{01} und des Absolutwertes einer zweiten optimalen Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_{02} ist gleich zu dem Absolutwert der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 . In Fig. 9A bezeichnen die Bezugszeichen 14A, 14B1 und 14B2 den Bestrahlungsbereich, einen ersten reparierten Musterbereich bzw. einen zweiten reparierten Musterbereich. Die Breite w_1 entspricht "der ersten Breite" und "der dritten Breite", und die Breite w_2 entspricht "der zweiten Breite" und "der vierten Breite". Dabei ist "die vierte Breite" \geq "die zweite Breite".

Fig. 9B ist eine Draufsicht, die eine Photomaske 10 zeigt, die einem Reparaturverfahren eines Brückendefekts, das in Fig. 9A gezeigt ist, unterzogen wurde. In Fig. 9B bezeichnen die Bezugszeichen 12E1, 12E2, 16₁ und 16₂ einen Rand des ersten Musters, einen Rand des zweiten Musters, der dem Rand 12E1 des benachbarten ersten Musters zugewandt ist, einen ersten ausgesparten Abschnitt oder ersten fehlenden Abschnitt bzw. einen zweiten ausgesparten Abschnitt oder zweiten fehlenden Abschnitt.

Fig. 9C ist eine Draufsicht, die eine Halbleitereinrichtung 100 mit einem Resistmuster 2 zeigt, das unter Verwendung der in Fig. 9B gezeigten Photomaske 10 übertragen wurde.

Auch bei den Beispielen der Reparatur von Brückendefekten mit der Breite w_2 von $1 \mu\text{m}$ oder $3 \mu\text{m}$, wie in Fig. 9A gezeigt ist ($w_1 = 1 \mu\text{m}$ in beiden Fällen und die Abmessungen L und S des Verbindungsmusters und die Ausgabebedingungen des Laserlichtes waren die gleichen, die oben beschrieben wurden) wurde der Abmessungsvariationsgrad ΔS_w des Resistmusters, das auf dem Halbleiterwafer gebildet wurde, in Bezug zur Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw gemessen, wobei die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw ($= \Delta w_1 + \Delta w_2$) variiert wurde. Fig. 10 zeigt die Zusammenstellung der Messungen. Der Brückendefekt wurde so repariert, wie in Fig. 9A gezeigt ist, und die Größe des lichtundurchlässigen Ausdehnungsversatzes Δw in diesem Fall ist gleich zu der Summe der ersten und zweiten Größe des lichtundurchlässigen Ausdehnungsversatzes Δw_1 und Δw_2 an den entsprechenden Rändern 12E der Muster 12 an beiden Seiten, wie in Fig. 9A gezeigt ist. Wie von dem Diagramm klar ersichtlich ist, ist die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur 30 ungefähr $-0,07 \mu\text{m}$ für beide Defektgrößen ($= w_2$) von $1 \mu\text{m}$ und $3 \mu\text{m}$, wobei in diesem Fall der Abmessungsvariationsgrad ΔS_w des Resistmusters auf dem Halbleiterwafer 0% beträgt.

Wie schon ausgeführt wurde, kann die Verringerung des Transmissionsfaktors bzw. Durchlaßgrad, die in dem reparierten Defektabschnitt verursacht ist, geeignet kompensiert werden durch Streuung und Beugung des durch den Lichtübertragungsbereich (den Quarzglasabschnitt) um den Abschnitt herum übertragenen Lichtes. Wenn der Bereich des Abschnittes mit dem verringerten Transmissionsfaktor unverändert bleibt, wird folglich die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 kleiner, wenn das Verbindungsintervall S von Fig. 1 größer wird, da der reparierte Defektabschnitt 15 durch einen größeren Quarzglasabschnitt 11 umgeben ist, der keine Verringerung des Transmissionsfaktors aufweist. Unter Berücksichtigung dieses Punktes wurden bei einem Verbindungsmuster mit einer Verbindungsbreite L und einem Verbindungsintervall S, die beide ungefähr $1,2 \mu\text{m}$ betragen, ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt ($w_1 = w_2 = 0,5 \mu\text{m}$) und ein Brückendefekt ($w_1 = 1,2 \mu\text{m}$, $w_2 = 3 \mu\text{m}$), die mit einem Rand oder Rändern des Verbindungsmusters zusammenhängen, auf der Grundlage des oben beschriebenen Reparaturverfahrens mit den gleichen Laserlichtausgabebedingungen repariert, und die Beziehung zwischen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw und des Abmessungsvariationsgrades ΔS_w des Resistmusters auf dem Halbleiterwafer wurden tatsächlich gemessen. Fig. 11 zeigt eine Zusammenstellung der Messungen. Der Brückendefekt wurde so repariert, wie in Fig. 9A gezeigt ist, wobei die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in diesem Fall gleich zu der Summe der ersten und zweiten Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_1 und Δw_2 an den entsprechenden Rändern 12E der Streifen des Musters 12 an beiden Seiten, wie in Fig. 9A gezeigt ist, war. Wie von Fig. 11 ersichtlich ist, war die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 in beiden Fällen ungefähr $-0,04 \mu\text{m}$, was kleiner ist als die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 , die erhalten wurde, als die Verbindungsgröße L und das Verbindungsintervall S beide $1 \mu\text{m}$ betragen (Fig. 10).

Die Genauigkeit oder der zulässige Bereich der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw , der erforderlich ist, damit der Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters auf dem Halbleiterwafer in den zulässigen Bereich der Halbleitereinrichtung fällt, ist hauptsächlich mit der Größe der lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekte verbunden. Fig. 10 und 11, die oben beschrieben wurden, zeigen auch die Genauigkeit der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur

- Δw , die benötigt wird, wenn die Abmessungsvariation des Resistmusters innerhalb von $\pm 10\%$ um den Mittelwert herum zulässig ist. Wie von Fig. 10 und 11 verständlich ist, wird der zulässige Bereich der Variation der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur (Δw) kleiner, wenn die Defektgröße ($= w_2$) größer wird. Wenn zum Beispiel, wie in Fig. 10 gezeigt ist, ein Brückendefekt zwischen Streifen des Verbindungsmusters mit dem Verbindungsintervall S von $1 \mu\text{m}$ repariert wird, liegt der zulässige Bereich 31 der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in dem Bereich von $-0,15 \mu\text{m}$ bis $+0,02 \mu\text{m}$, wenn die Defektgröße ($= w_2$) des Brückendefektes $1 \mu\text{m}$ beträgt. Wenn jedoch die Defektgröße ($= w_2$) $3 \mu\text{m}$ beträgt, ist der zulässige Bereich 32 der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw auf den Bereich von $-0,13 \mu\text{m}$ bis $-0,01 \mu\text{m}$ verringert. Diese Beziehung trifft auch auf die zulässigen Bereiche 41 und 42 in Fig. 11 zu.
- Eine Tabelle 1 zeigt die Beziehung zwischen dem Verbindungsintervall S und der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 in dem Fall, bei dem ein lichtundurchlässiger Ausdehnungs- oder ein Brückendefekt, die mit einem Rand oder Rändern des Verbindungsmusters auf einer CrON-Photomaske zusammenhängen, durch das obige Verfahren mit den obigen Laserlichtabgabebedingungen repariert wird. Es wird angemerkt, daß die Größe (w_1 , w_2) der lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekte oder Brückendefekte nicht gleichmäßig für jeden Datenwert in der Tabelle 1 ist, wobei beispielsweise die Breite w_1 innerhalb der Abmessung S liegt und die Breite w_2 in dem Bereich von ungefähr $0,5 \mu\text{m}$ bis $3 \mu\text{m}$ liegt.

Tabelle 1

Intervall S des Photomaskenverbindungs-musters	kleiner als $1 \mu\text{m}$	$1 \mu\text{m}$ bis kleiner als $2 \mu\text{m}$	$2 \mu\text{m}$ oder größer
Optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0	$-0,10 \mu\text{m}$ oder niedriger	$-0,10$ bis $-0,05 \mu\text{m}$	$-0,05$ bis $0 \mu\text{m}$

- Wie in der Tabelle 1 gezeigt ist, wird die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 gemäß dem Intervall S oder der Abmessung S in der ersten Richtung D1 des Quarzglasoberflächenbereiches bestimmt, in dem der lichtundurchlässige Fehler vorhanden ist (es muß nicht gesagt werden, daß sie auch von den Laserlichtausgabebedingungen und der Defektgröße abhängt, aber sie hängt hier mehr von dem Intervall S ab). Wenn zum Beispiel $1 \mu\text{m} \leq S < 2 \mu\text{m}$, liegt die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 in dem Bereich von $-0,10 \mu\text{m}$ bis $-0,05 \mu\text{m}$.
- Obwohl es in der Tabelle 1 nicht gezeigt ist, ist es von der obigen Beschreibung, Fig. 10 und 11 und der Tabelle 1 klar, daß der zulässige Bereich der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw (der die optimale Größe des Korrekturversatzes Δw_0 enthält), der zur Steuerung des Abmessungsvariationsgrads des übertragenen Resistmusters innerhalb eines gegebenen Bereiches (z. B. innerhalb $\pm 10\%$) benötigt wird, ähnlich bezüglich den Laserlichtstrahlausgabebedingungen, dem Intervall S und der Defektgröße bestimmt wird.
- In dieser Weise ist es möglich, die Abmessungsvariation des Resistmusters, das auf einen Halbleiterwafer übertragen ist, die durch die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt auf der Photomaske verursacht ist, zu minimieren oder die Abmessungsvariation innerhalb eines gegebenen Bereiches, der gemäß dem zulässigen Bereich der Halbleitereinrichtungen (z. B. innerhalb $\pm 10\%$) bestimmt ist, zu unterdrücken durch Bestrahlen des Strahlbestrahlungsbereiches 14 (Fig. 2, 6), der auf der Grundlage der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 , der in der Tabelle 1 gezeigt ist, oder einer Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in dem zulässigen Bereich, der die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 enthält, bestimmt ist, mit einem Laserlichtstrahl.
- Aktuell weist die Genauigkeit der Positionierung eines reparierten Randes eines aktuellen Laserreparatursystems eine Variation in dem Bereich von $0,1 \mu\text{m}$ bis $0,2 \mu\text{m}$ auf. Die lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekte müssen derart repariert werden, daß der schließlich erhaltene Verbindungsmusterrand um die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw oder die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ($\Delta w < 0$ oder $\Delta w_0 < 0$) ausgespart ist oder um die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw ($\Delta w > 0$) vorsteht, die benötigt werden, um den Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters auf dem Halbleiterwafer innerhalb des zulässigen Bereiches der Halbleitereinrichtung zu halten. Das heißt, daß unter Berücksichtigung der Variation der Positionierungsgenauigkeit des Laserreparatursystems der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt graduell von seinem Ende durch graduelles Erhöhen des Laserlichtbestrahlungsbereiches in der ersten Richtung D1 von dem Ende des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes, der am entferntesten von der Verbindung zwischen dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt und dem ursprünglichen Verbindungsmuster liegt, bis zu der Verbindung, vergrößert wird, und die Reparatur wird beendet, wenn die Laserlichtbestrahlungsposition die Position erreicht, die von der Verbindung um die gewünschte Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw oder der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 entfernt ist. Der Vorgang des Reparierens eines lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes auf der Grundlage der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur mit einem aktuellen Laserreparatursystem wird nun beschrieben.

Als erstes ist Fig. 12 ein Ablaufdiagramm, das schematisch den Vorgang des Bildens eines integrierten Schaltungsmu-

sters auf einer gegebenen Schicht (eine Isolierschicht oder ein Metallfilm) auf einem Halbleiterwafer oder einem Halbleitersubstrat unter Verwendung einer Photomaske zeigt, die unter Verwendung des oben beschriebenen Reparaturverfahrens des lichtundurchlässigen Defektes hergestellt ist. In dem Ablaufplan entspricht der Vorgang T1 einem Photomaskenherstellungsvorgang, der der wichtigste Teil in dieser bevorzugten Ausführungsform ist. Dieser Vorgang T1 enthält: (1) den Schritt S1 des Bildens eines CrON-Filmes (Metallfilm) als ein Verbindungsmuster auf einer Oberfläche eines Quarzglases als Basismaterial der Photomaske, (2) den Schritt S2 des Kontrollierens der Photomaske auf lichtundurchlässige Defekte (hier lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte) unter Verwendung einer herkömmlichen Defektkontrollvorrichtung, (3) den Schritt S3 des Reparierens eines lichtundurchlässigen Defektes, wenn ein lichtundurchlässiger Defekt vorhanden ist, durch Bestrahlen eines Strahlbestrahlungsbereiches (der Bereich 14 in Fig. 2, 6) mit Laserlicht unter Verwendung des oben beschriebenen Reparaturverfahrens des lichtundurchlässigen Defekts, (4) den Schritt S4 des Reinigens der reparierten Photomaske mit einer gegebenen Reinigungslösung, und (5) den Schritt S5 des Durchführens der Abschlußüberprüfung der Photomaske, wenn der lichtundurchlässige Defekt nicht vorhanden ist (zur Vereinfachung wird hier angenommen, daß kein eindeutiger Defekt vorhanden ist). Der Vorgang des Reparaturschritts S3 des lichtundurchlässigen Defekts, der von den Schritten der wichtigste ist, wird später detaillierter beschrieben.

Fig. 13 ist eine Darstellung, die schematisch den Aufbau einer Laserreparaturvorrichtung 110, die in dem Schritt S3 verwendet wird, und das Betriebsprinzip der Vorrichtung 110 zeigt. In der Darstellung bezeichnen die Bezugszeichen folgende Komponenten: 10 ist eine Photomaske, 111 ist eine Objektlinse, 112 und 116 sind semitransparente Spiegel, 113 ist ein Mikroskop, 114 ist ein Schlitz und 115 ist eine Apertur bzw. Blende. Nun wird der Schritt S3 von Fig. 12 auf der Grundlage des Ablaufplans von Fig. 14 unter Bezugnahme auf Fig. 13 beschrieben.

Zuerst wird im Schritt S31 die Photomaske auf den Tisch gesetzt.

In dem zweiten Schritt S32 werden Defektkontrolldaten (Koordinatendaten), die in dem Schritt S2 in Fig. 12 verwendet werden, von der Defektkontrollvorrichtung abgerufen, und die Daten werden in einen Datenverarbeitungscomputer (nicht gezeigt) eingegeben.

Als nächstes erkennt in dem dritten Schritt S33 der Datenverarbeitungscomputer die Positionskoordinaten des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes von den Defektprüfdaten und steuert den Tisch auf der Grundlage der Koordinaten derart, daß die Photomaske 10 zu einer Position bewegt wird, bei der der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt durch das Mikroskop 113 gesehen werden kann.

In dem vierten Schritt S34 schaltet der Bediener zuerst eine Beleuchtungslichtquelle (nicht gezeigt) an, um die Oberfläche der Photomaske 10 mit dem Beleuchtungslicht durch den halbdurchlässigen Spiegel 116, die Blende 115, den halbdurchlässigen Spiegel 112 und die Objektlinse 111 zu beleuchten, und prüft dann das Verbindungsmuster auf der Oberfläche der Photomaske 10 und bestätigt das Vorhandensein des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes, der mit einem Rand des Verbindungsmusters zusammenhängt, unter Verwendung des Mikroskops 113. Dann geht der Bediener zu dem Vorgang des Formens des Schlitzes 114, um die Blendenabmessung der Blende 115 einzustellen. In diesem Schritt stellt der Bediener die Blende 115 des Schlitzes 114 derart ein, daß das Ende des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes, das von der Verbindung oder der Grenze in der positiven Richtung in der ersten Richtung D1 am weitesten entfernt ist, und seine Umgebung mit dem Beleuchtungslicht beleuchtet wird. Dann ändert der Benutzer von dieser Position die Form des Schlitzes 114 derart graduell, daß der beleuchtete Bereich graduell zu der Grenze hin vergrößert wird. Alternativ bewegt der Benutzer graduell den Tisch derart, daß der beleuchtete Bereich zu der Grenze hin vergrößert wird.

In dem fünften Schritt S35 wird die Beleuchtungslichtquelle ausgeschaltet oder bleibt die Lichtquelle eingeschaltet, während der Benutzer eine Laserlichtquelle (nicht gezeigt) einschaltet, um das Laserlicht auf die Oberfläche der Photomaske 10 zurichten, um den bestrahlten Bereich in dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektabschnitt zu entfernen. Danach schaltet der Bediener die Laserlichtquelle aus. Wenn der Bediener die Beleuchtungslichtquelle ausschaltet, während die Laserlichtquelle eingeschaltet ist, schaltet der Bediener die Beleuchtungslichtquelle wieder ein, und wenn nicht, läßt der Bediener die Beleuchtungslichtquelle eingeschaltet. Dann überprüft der Bediener den reparierten Defektabschnitt durch das Mikroskop 113 (der sechste Schritt S36), und geht zu dem nächsten Überprüfungsvorgang S37 weiter.

In dem siebten Schritt S37 schaut der Bediener den reparierten Defektabschnitt auf der Oberfläche der Photomaske 10 durch das Mikroskop 113 an, um abzuschätzen, ob die Position eines Teiles des einen Randes des Verbindungsmusters, der dem reparierten Defektabschnitt entspricht, von der Verbindung in der ersten Richtung um eine vorbestimmte optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ($\Delta w_0 < 0$) ausgespart ist oder ob er um den Absolutwert einer Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in einem vorbestimmten zulässigen Bereich ausgespart ist (wenn $\Delta w < 0$) oder vorsteht ($\Delta w > 0$). In diesem Schritt kann eine Probe, bei der ein Teil eines Randes des Verbindungsmusters um die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 oder die Größe des Vorspannungsversatzes der Reparatur Δw in dem zulässigen Bereich ausgespart ist oder vorsteht, präpariert werden, so daß der Bediener durch Vergleichen der Probe und der gerade reparierten Photomaske bestimmen kann, ob der Defekt zufriedenstellend repariert wurde. Alternativ kann die Überprüfung in diesem Schritt durch einmaliges Herausnehmen der gerade reparierten Photomaske und Messen der Größe der Aussparung oder des Vorsprunges des Teils des einen Randes des Verbindungsmusters erzielt werden.

Wenn die so durchgeführte Bestimmung Nein ergibt, schreitet der Bediener zum Schritt S34 voran und wiederholt die Schritte S35 bis S37, um die Laserbestrahlung noch ein Mal anzuwenden. Somit wird der bestrahlte Bereich eingestellt und zu dem oben beschriebenen Strahlbestrahlungsbereich hin vergrößert.

Wenn eine Bestimmung von Ja in dem Schritt S37 durchgeführt wird, endet der Reparaturvorgang des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes und die Photomaske 10 wird entnommen (der achte Schritt S38).

Danach geht der Bediener zu dem Vorgang T2, der in Fig. 12 gezeigt ist, bei dem eine Resistschicht auf der oberen Oberfläche eines Halbleiterwafers oder eines Halbleitersubstrates mit einer gegebenen Schicht, auf der ein gewünschtes integriertes Schaltungsmuster gebildet werden soll, gebildet wird. Dann wird das Verbindungsmuster auf der Photomaske 10, das in dem Vorgang T1 erzeugt ist, auf die Resistschicht übertragen, um ein Resistmuster zu bilden (der Vorgang T3). In diesem Vorgang wird, wie oben erwähnt wurde, die Verringerung der Lichtmenge aufgrund der Verringe-

zung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt auf der Photomaske 10 versetzt bzw. kompensiert und der Resistabmessungsvariationsgrad wird auf 0% oder innerhalb eines gegebenen zulässigen Bereiches (innerhalb $\pm 10\%$ zum Beispiel) unterdrückt.

- Schließlich werden bekannte Vorgänge, wie zum Beispiel Ätzen, unter Verwendung des Resistmusters als Maske derart durchgeführt, daß die integrierten Schaltungsmuster mit den gewünschten Abmessungen gebildet werden (Vorgang T4).

Erste Modifikation der ersten bevorzugten Ausführungsform

- In der ersten bevorzugten Ausführungsform wurden die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 und der zulässige Bereich der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in Beispielen beschrieben, bei denen ein Laserlichtstrahl mit den Ausgabebedingungen einer Ausgabe von ungefähr 1 mJ/Puls und einer Pulsbreite von 0,6 ns pulsiert. Jedoch hängt die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 und des zulässigen Bereiches der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw nicht nur von der Defektgröße (w_1 , w_2) und den Verbindungsmusterintervallen S sondern auch von den Laserlichtausgabebedingungen ab. Folglich ändert sich die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 , wenn die Laserlichtausgabebedingungen sich ändern. Wenn zum Beispiel ein Laserlicht mit einer Ausgabe in dem Bereich von 4 mJ/Puls bis 6 mJ/Puls und einer Pulsbreite von ungefähr 5 ns verwendet wird, wird der Quarzglasabschnitt, der dem reparierten Defektabschnitt entspricht, ernsthafter beschädigt, und daher ist der Transmissionsfaktor in diesem Abschnitt stärker verringert. In diesem Fall beträgt der Transmissionsfaktor in dem reparierten Defektabschnitt 81 in dem Fall einer Wellenlänge von 248 nm und beträgt 92 in dem Fall einer Wellenlänge von 365 nm, was kleiner ist als die bei Laserlichtausgabebedingungen, die in der ersten bevorzugten Ausführungsform beschrieben wurden, wenn der Transmissionsfaktor in dem Quarzglasabschnitt ohne lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte als 100 angenommen wird. Folglich ist das Vorzeichen der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 negativ und sein Absolutwert ist größer. Wir haben tatsächliche Messungen durchgeführt, die das folgende Ergebnis zeigen. Es muß gesagt werden, daß, wenn ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt 13 (Fig. 1), der mit einem Rand in einem Verbindungsmuster verbunden ist, das ein Verbindungsintervall S von 1,5 μm oder kleiner aufweist, mit einem Laserlicht mit den oben angegebenen Ausgabebedingungen repariert wird, die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 auf $-0,15 \mu\text{m}$ oder kleiner eingestellt werden muß, so daß ein Rand des Verbindungsmusters nach der Reparatur von der ursprünglichen Position des einen Randes des Verbindungsmusters um einen größeren Abstand ausgespart ist als bei der Laserlichtreparatur in der ersten bevorzugten Ausführungsform. Die Tabelle 2 zeigt die tatsächlichen Messungen der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 bezüglich des Verbindungsmusterintervalls S in dem Fall, bei dem ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt unter Verwendung eines Laserlichts mit diesen Ausgabebedingungen repariert ist. Es wird angemerkt, daß die Tabelle 2 die Daten von lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekten oder Brückendefekten mit variierenden Größen zeigt, wobei beispielsweise die Breite w_1 gleich oder kleiner als das Intervall S ist und die Breite w_2 in dem Bereich von ungefähr 0,5 μm bis 3 μm liegt.

Tabelle 2

Intervall S des Photo- maskenver- bindungs- musters	kleiner als 1 μm	1 μm bis kleiner 1,5 μm	1,5 μm bis kleiner 5 μm	5 μm oder größer
Optimale Größe des Voreinstel- lungsver- satzes der Reparatur Δw_0	-0,3 μm oder kleiner	-0,3 μm bis -0,15 μm	-0,15 μm bis -0,05 μm	-0,05 μm bis 0 μm

- Wie in dem Fall der Reparatur unter Verwendung des Laserlichtes mit den Ausgabebedingungen, die in der ersten bevorzugten Ausführungsform erwähnt sind (siehe Tabelle 1), ändert sich das Vorzeichen der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 von negativ zu positiv und wird sein Absolutwert kleiner, wenn Verbindungsintervall S größer wird auch wenn ein Laserlicht, das mit den oben erwähnten Ausgabebedingungen pulsiert, verwendet wird, wie in der Tabelle 2 gezeigt ist.

- Somit ist es auch bei diesen Ausgabebedingungen des Laserlichtes möglich, die Abmessungsvariation des Resistmusters, das auf einen Halbleiterwafer übertragen ist, die durch die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt der Photomaske bedingt ist, oder die Abmessungsvariation des integrierten Schaltungsmusters, das schließlich auf der Grundlage des Resistmusters erzeugt ist, zu minimieren durch Reparieren eines Defektes in einer sol-

chen Weise, daß die Position von einem Rand des Verbindungsmusters von der Ursprungsposition in der negativen Richtung der ersten Richtung um die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 in dem Bereich, der in der Tabelle 2 gezeigt ist, der hauptsächlich gemäß dem Verbindungsmuster S bestimmt ist, ausgespart ist ($\Delta w_0 < 0$). Ferner ist es auch möglich unter diesen Ausgabebedingungen, den Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters innerhalb eines zulässigen Bereiches der Halbleitereinrichtung (z. B. innerhalb $\pm 10\%$), wie oben beschrieben wurde, zu unterdrücken durch Reparieren eines Defektabschnittes mit einem Laserlicht mit einer Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw innerhalb des zulässigen Bereiches, der die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 aufweist, die in der Tabelle 2 gezeigt ist.

Zweite Modifikation der ersten bevorzugten Ausführungsform

Obwohl die erste bevorzugte Ausführungsform und ihre erste Modifikation als ein Verfahren zur Reparatur von lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekten beschrieben wurden, können das Reparaturverfahren und das Reparaturprinzip ähnlich auf ein Reparieren von abgetrennten lichtundurchlässigen Defekten angewendet werden, die nahe an den Verbindungsmustern gebildet sind.

Die Draufsicht der Photomaske 10 von Fig. 15 zeigt einen Strahlbestrahlungsbereich 14, der derart eingestellt ist, daß ein abgetrennter lichtundurchlässiger Defekt 18 (mit einer ersten Breite w_1 und einer zweiten Breite w_2) mit Laserlicht repariert wird. Diese Darstellung zeigt ein Beispiel, bei dem die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw oder die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 negativ ist. Wie in Fig. 15 gezeigt ist, enthält der Bereich 14 (1) einen rechteckigen Bestrahlungsbereich 14A mit einer dritten Breite w_3 und einer vierten Breite w_4 (die dritte Breite w_3 kann gleich zu der ersten Breite w_1 sein, und die vierte Breite w_4 kann gleich zu der zweiten Breite w_2 sein), der den abgetrennten, lichtundurchlässigen Defekt 18 enthält, und (2) ein reparierter Musterbereich bzw. Musterreparaturbereich 14B mit der vierten Breite w_4 in der zweiten Richtung D2, der sich in das Verbindungsmuster 12 von dem Teil 12ES, das dem Defekt 18 zugewandt ist, in dem einen Rand 12E des Verbindungsmusters 12 nahe an dem Defekt 18 erstreckt, wobei der Musterreparaturbereich 14B sich um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw oder der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 in der negativen Richtung der ersten Richtung D1 erstreckt. Der Strahlbestrahlungsbereich 14, der in dieser Weise eingestellt ist, wird mit dem Laserlicht bestrahlt. Somit wird ein Teil des einen Randes 12E des Verbindungsmusters 12, der zu dem Quarzglasabschnitt gewandt ist, in dem der abgetrennte, lichtundurchlässige Defekt 18 repariert und entfernt wird, in der negativen Richtung in der ersten Richtung D1 von der Position des Teiles 12ES um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw oder der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ausgespart.

Wenn $\Delta w > 0$, wird der Strahlbestrahlungsbereich durch Verschmälern des Bereiches 14A in der positiven Richtung der ersten Richtung D1 um die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw eingestellt.

Dritte Modifikation der ersten bevorzugten Ausführungsform

Die erste bevorzugte Ausführungsform und ihre erste und zweite Modifikation zeigen ein Verfahren zur Reparatur von lichtundurchlässigen Defekten, die mit einem perfekt linearen Verbindungsmuster verbunden sind, und die Strukturen des Metallfilmverbindungsmusters, die optimal sind, um den Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters zu minimieren, der durch Übertragen des Musters auf einen Halbleiterwafer gebildet ist, oder um ihn innerhalb eines zulässigen Bereiches zu halten, der für die Halbleitereinrichtung benötigt wird. Das Metallfilmverbindungsmuster auf der Photomaske muß jedoch nicht notwendigerweise perfekt linear sein. Wenn das Verbindungsmuster einen äquivalenten Quarzglasabschnitt aufweist, der sich mit einer Abmessung erstreckt, die dem Verbindungsmusterintervall S entlang der ersten Richtung entspricht, kann das Muster zu einer Musterstruktur repariert werden, bei der ein Teil ihres Musterrandes um den Absolutwert der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 , wie in den Tabellen 1 und 2 gezeigt ist, fehlt, oder zu einer Musterstruktur, bei der ein Teil des Musterrandes um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw innerhalb des zulässigen Bereiches zum Beschränken des Abmessungsvariationsgrades des Resistmusters innerhalb von beispielsweise $\pm 10\%$ fehlt oder vorsteht. Es ist somit möglich, den Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters auf dem Halbleiterwafer auf 0% zu unterdrücken oder innerhalb eines gegebenen, zulässigen Bereiches für die Einrichtung zu halten. Fig. 16 und 17 zeigen Beispiele von einem solchen Verbindungsmuster auf einer Photomaske.

Zweite bevorzugte Ausführungsform

Diese bevorzugte Ausführungsform zeigt ein Verfahren zum Reparieren von lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekten auf einer Halbtonphasenverschiebungsphotomaske, die ein Metallfilmmuster aus MoSiON (Oxynitrid von Molybdänsilizid) mit einer Filmdicke von ungefähr $0,1 \mu\text{m}$ aufweist und ultraviolette Licht überträgt. Die Halbtonphasenverschiebungsphotomaske ist eine Photomaske, die eine größere Auflösung des auf einen Halbleiterwafer in dem photomechanischen Prozeß übertragenen Resistmusters durch Variieren der Phase des durch den MoSiON-Metallfilm übertragenen Lichts bereitstellt. Das heißt, daß bei der Halbtonphasenverschiebungsphotomaske die Phase des durch das Metallfilmmuster übertragene Lichtes um 180° invertiert wird bezüglich der Phase des durch den Quarzglasabschnitt übertragenen Lichtes. Wenn die Halbtonphasenverschiebungsphotomaske verwendet wird, kann folglich die Lichtintensität in dem Randabschnitt in dem Metallfilmmuster verringert werden und der Musterrandabschnitt kann auf das Resist auf einem Halbleiterwafer in einer verbesserten Weise übertragen werden, so daß die Musterauflösung erhöht werden kann. Dieser Effekt wird dann speziell bemerkenswert erzeugt, wenn die Anordnung des MoSiON-Metallfilmmusters rechteckige Öffnungen aufweist, d. h. ein Lochmuster. Wenn auf einer Halbtonphasenverschiebungsphotomaske mit solchen Eigenschaften lichtundurchlässige Defekte mit der Bestrahlung von Laserlicht repariert und entfernt werden, wird auch der Transmissionsfaktor in dem reparierten Defektabschnitt verringert und es ist schwierig, die Phase des durch den reparier-

ten Defektabschnitt wie in den defektfreien Abschnitten ausreichend zu steuern. Wenn beispielsweise ein lichtundurchlässiger Defekt mit einem gepulsten Laserlicht mit den Ausgabebedingungen, die in der ersten bevorzugten Ausführungsform erwähnt sind, repariert wird, ist der Transmissionsfaktor in dem reparierten Defektabschnitt 96,6 bei einer Wellenlänge von 248 nm, wenn der Transmissionsfaktor in dem defektfreien Abschnitt als 100 angenommen wird. Wenn ein Defekt mit dem Laserlicht mit den Ausgabebedingungen, die in der ersten Modifikation der ersten bevorzugten Ausführungsform beschrieben sind, repariert wird, beträgt der Transmissionsfaktor 86,5 bei einer Wellenlänge von 248 nm. Somit unterscheidet sich die Intensität des durch einen Musterrandabschnitt in dem reparierten Defektabschnitt übertragenen Lichtes von der des durch defektfreie Musterrandabschnitte übertragenen Lichtes, was zu der Schwierigkeit führt, daß die Musterauflösung nicht so verbessert werden kann, wie es gewünscht ist.

Folglich ist die Anwendung des Reparaturverfahrens, das in der ersten bevorzugten Ausführungsform beschrieben ist, auch dann notwendig, wenn lichtundurchlässige Defekte, wie zum Beispiel lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekte und abgetrennte, lichtundurchlässige Defekte nahe an Musterrändern, in der Halbtonphasenverschiebungsphotomaske repariert werden. Nun wird unter Berücksichtigung dieses Punktes ein Verfahren zur Herstellung einer Phasenverschiebungsphotomaske, bei der ein Teil des Metallfilmmusters derart geöffnet ist, daß ein Lochmuster in dem Quarzglasabschnitt gebildet ist, beschrieben, bei dem ein licht- undurchlässiger Ausdehnungsdefekt, der mit einem Rand des Metallfilmmusters, das das Lochmuster bildet, zusammenhängt, derart repariert werden kann, daß der Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters auf 0% oder innerhalb eines zulässigen Bereiches nach der Übertragung gesteuert wird.

Fig. 18 ist eine Draufsicht, die einen lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 52 in einem Metallfilmmuster 50 auf einer Halbtonphasenverschiebungsphotomaske 10 zeigt, wobei der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 52 mit einem Teil (einer Grenze oder einer Verbindung) eines Randes 50E von den vier Rändern (innerhalb) des Loches zusammenhängt und eine erste und eine zweite Breite w_1 und w_2 in der ersten bzw. zweiten Richtung D1 und D2 aufweist. In der Darstellung zeigt das Bezugszeichen S die Breite (Lochgröße) in der ersten Richtung D1 des Loches, das durch die internen Ränder des Metallfilmmusters 50 umgeben ist, die der Abmessung in der ersten Richtung D1 des Quarzglasabschnittes (auch als Lochmuster bezeichnet) 51 in dem Loch entspricht, das den lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 52 enthält.

Als nächstes ist Fig. 19 eine Draufsicht, die einen Strahlbestrahlungsbereich 53 zum Entfernen des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes 52 auf der Phasenverschiebungsphotomaske 10 zeigt. Auch in diesem Fall enthält der Bereich 53: (1) einen Bestrahlungsbereich 53A, der den lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt 52 enthält und eine dritte Breite w_3 ($= w_1$) und eine vierte Breite w_4 ($= w_2$) in der ersten bzw. zweiten Richtung D1 und D2 aufweist, und (2) einen Musterreparaturbereich 52B, der die Breite w_4 in der zweiten Richtung D2 aufweist und sich von der Grenze 50B in der negativen Richtung der ersten Richtung D1 um den Absolutwert einer Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in dem oben beschriebenen zulässigen Bereich oder der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 erstreckt. Es wird angemerkt, daß das Vorzeichen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw positiv eingestellt werden kann in Abhängigkeit des Wertes der Lochgröße S, der Ausgabebedingungen des Laserlichtes und der Größe des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes (einschließlich eines Brückendefektes). In einem solchen Fall ist der Strahlbestrahlungsbereich durch Verschmälern des Bestrahlungsbereiches 53A, der in Fig. 19 gezeigt ist oder durch (1) gezeigt ist, um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in der positiven Richtung der ersten Richtung D1, wie in Fig. 6 gezeigt ist, eingestellt.

Als nächstes ist Fig. 20 eine Draufsicht, die das Metallfilmmuster 50 auf der Phasenverschiebungsphotomaske 10 zeigt, das erhalten wird, nachdem der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 52 vollständig entfernt wurde durch Richten eines Laserlichtes auf den Strahlbestrahlungsbereich 53, der in Fig. 19 gezeigt ist. Auch in Fig. 20 ist der Abschnitt 50ME, der dem reparierten Defektabschnitt 54 in dem Innenrand 50E des Metallfilmmusters 50 entspricht, in der negativen Richtung der ersten Richtung D1 um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw oder der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ausgespart. Somit wird ein fehlender Abschnitt oder ausgesparteter Abschnitt 55 in einem Teil des Musterrandes 50E gebildet und der Quarzglasabschnitt darunter wird freigelegt. Fig. 21A und 21B zeigen ein Resistmuster 1A, das durch Übertragen eines solchen Metallfilmmusters 50 oder Lochmusters 51 auf eine Resistschicht auf einem Halbleiterwafer unter Verwendung einer solchen Phasenverschiebungsphotomaske 10 gebildet ist. In Fig. 21A und 21B bezeichnet das Bezugszeichen 2A die Halbleitersubstratoberfläche oder das Lochmuster. Während Fig. 21A das Lochmuster 2A in einer rechteckigen Form zeigt, ist das Lochmuster 2A auf dem Halbleiterwafer in einer runden oder kreisförmigen Form gebildet, wie in Fig. 21B gezeigt ist, wenn die Lochgröße S des Lochmusters 51 auf der Photomaske ungefähr 10 μm oder kleiner ist. Es wird angemerkt, daß das Lochmuster 2A mit der Lochgröße S_{w1} in Fig. 21B gebildet wird, wenn kein lichtundurchlässiger Defekt vorhanden ist, und daß das Lochmuster 2A mit der Lochgröße S_{w2} gebildet wird, nachdem ein licht- undurchlässiger Defekt durch dieses Reparaturverfahren repariert wurde.

Wenn der in Fig. 20 gezeigte Rand 50ME nach der Reparatur von der Ursprungsposition um den Absolutwert der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ausgespart ist, beträgt der Abmessungsvariationsgrad $(S_{w2} - S_{w1}) \times 100 / S_{w1}$ des Resistmusters 1A von Fig. 21A und 21B 0%. Wenn der Rand 50ME um den Absolutwert einer geeigneten Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw innerhalb des zulässigen Bereiches ausgespart ist, liegt die Abmessungsvariationsrate des Resistmusters 1A innerhalb eines Bereiches, der für die Halbleitereinrichtung 100 zulässig ist (z. B. innerhalb $\pm 10\%$).

Fig. 22 zeigt eine Zusammenstellung von aktuellen Messungen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw zur Reparatur des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes 52 in dem Lochmuster 51 mit einem Laserlicht mit den gleichen Ausgabebedingungen wie die, die in der ersten bevorzugten Ausführungsform beschrieben wurden, und die Größe der Abmessungsvariation ΔS_w des Resistmusters, das durch Übertragen des reparierten Metallfilmmusters 50 auf der Phasenverschiebungsphotomaske 10 auf ein Halbleiterwafer gebildet ist. Von dieser Darstellung ist ersichtlich, daß die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur 60 fast 0 μm beträgt, wenn das Lochmuster 51 eine Breite S von 1,5 μm aufweist, und der Strahlbestrahlungsbereich ist gleich wie in dem herkömmlichen Bestrahlungsbereich. Wenn jedoch das Lochmuster 51 eine Breite S von 1,4 μm aufweist, ist die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes

der Reparatur 61 ungefähr $-0,03 \mu\text{m}$. Wenn die Breite S des Lochmusters weiter auf $1,2 \mu\text{m}$ verringert ist, ist die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur 62 ungefähr $-0,07 \mu\text{m}$. In dieser Weise muß, wenn die Lochgröße S kleiner wird, der Musterrand durch die Reparatur um eine größere Größe in der negativen Richtung der ersten Richtung $D1$ von dem ursprünglichen Musterrand ausgespart werden.

Wie von Fig. 22 klar ist, variiert, wenn die Lochgröße S kleiner wird, die Abmessung des Resistmusters auf dem Halbleiterwafer größer als die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw variiert, und dann ist es für die Größe des Voreinstellungsversatzes Δw zulässig, in einem kleineren Bereich (die benötigte Genauigkeit der Reparatur wird wichtiger) zu variieren, um die Abmessungsvariationsrate $\Delta S w$ des Resistmusters innerhalb von $\pm 10\%$ zu drücken.

Die Tabelle 3 zeigt die Beziehung zwischen der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 und der Lochgröße oder und der offenen Lochabmessung S , wobei ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt auf einer Halbtönenphasenverschiebungsphotomaske, die einen MoSiON-Film als das Metallfilmmuster verwendet, repariert wird. Es wird angemerkt, daß die Breitenabmessungen der konvexen Defekte nicht gleichmäßig sind und daß die Breite w_1 gleich zu oder kleiner als die Lochgröße S ist und daß die Breite w_2 auch gleich zu oder kleiner als die Lochgröße S ist.

Tabelle 3

Offene Lochmusterabmessung S auf der Phasenverschiebungsphotomaske	kleiner als $1 \mu\text{m}$	$1 \mu\text{m}$ bis kleiner $1,5 \mu\text{m}$	$1,5 \mu\text{m}$ oder größer
Optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0	$-0,1 \mu\text{m}$ oder kleiner	$-0,1 \mu\text{m}$ bis $0 \mu\text{m}$	$-0,05 \mu\text{m}$ bis $0 \mu\text{m}$

Wenn der lichtundurchlässige Ausdehnungsdefekt 52 (Fig. 18) mit einer Defektgröße (w_1) von beispielsweise $0,5 \mu\text{m}$ mit einem Laserlicht mit den oben erwähnten Ausgabebedingungen repariert wird, ist es in dieser Weise möglich, den Abmessungsvariationsgrad eines auf einen Halbleiterwafer übertragenen Resistmusters, der durch die Verringerung des Transmissionsfaktors in dem reparierten Abschnitt auf einer Phasenverschiebungsphotomaske verursacht wird, auf fast 0% zu verringern durch Korrigieren des herkömmlichen Bestrahlungsbereiches auf der Grundlage der optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 innerhalb des in der Tabelle 3 gezeigten Bereiches, der gemäß der Lochmustergröße S bestimmt ist. Es ist auch möglich, den Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters innerhalb des zulässigen Bereiches, der im Hinblick auf die Qualität der Vorrichtung erforderlich ist, zu halten durch Korrigieren des herkömmlichen Bestrahlungsbereiches auf der Grundlage einer Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw innerhalb des zulässigen Bereiches, der für jede optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 in der Tabelle 3 bestimmt ist.

Die gleiche Laserreparaturvorrichtung, wie die in Fig. 13 gezeigte, kann in der hier beschriebenen Laserlichtreparatur verwendet werden.

Dritte bevorzugte Ausführungsform

Die erste bevorzugte Ausführungsform, ihre erste bis dritte Modifikation, und die zweite bevorzugte Ausführungsform zeigen ein Verfahren zur Unterdrückung des Abmessungsvariationsgrades des auf einen Halbleiterwafer übertragenen Resistmusters innerhalb eines Bereiches, der für die Vorrichtungsqualität erforderlich ist, wobei ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt (der einen Brückendefekt einschließt), der mit dem Metallfilmmuster auf der Photomaske verbunden ist, durch Bestrahlen mit Laserlicht entfernt wird und wobei der Originalmusterrand in der ersten Richtung um die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 oder eine Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw innerhalb eines zulässigen Bereiches ausgespart wird oder wobei der Musterrand derart gebildet wird, daß er in der ersten Richtung um eine Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw innerhalb des zulässigen Bereiches vorsteht, so daß die Variation des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt kompensiert wird. Diese bevorzugte Ausführungsform benutzt das gleiche Reparaturprinzip, aber sie benutzt einen Ionenstrahl zur Reparatur anstatt eines Laserlichtstrahles. Das heißt, daß diese bevorzugte Ausführungsform ein Beispiel zeigt, bei dem ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt, der mit einem Rand eines Metallfilmmusters zusammenhängt, unter Verwendung eines Ionenstrahles repariert und entfernt wird. Es muß nicht gesagt werden, daß das in dieser bevorzugten Ausführungsform gezeigte Verfahren auch auf eine Reparatur von abgetrennten, lichtundurchlässigen Defekten, die nahe an einem Muster einer Photomaske sind, anwendbar ist.

Das Reparaturverfahren des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes mit dem Ionenstrahlätzen wird insgesamt wie folgt erzielt. Wenn ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt mit einem Ionenstrahl entfernt wird, wird der Metallfilm in dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektabschnitt durch die Ionenteilchen aus Gallium, usw. sputter-geätzt, die durch eine Hochspannung beschleunigt sind, und von der Oberfläche entfernt. Bei diesem Vorgang werden die Sekun-

därelektronen von Si, usw., die von der Oberfläche des Quarzglas während dem Ionensputtern abgegeben werden, erfaßt, um zu erfassen, wann der Metallfilm in dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsabschnitt vollständig geätzt ist und der unterliegende Quarzglasabschnitt in der Oberfläche erscheint, und die Reparaturarbeit wird zu diesem Zeitpunkt gestoppt. Wenn die unterliegende Quarzglasoberfläche durch den Ionenstrahl in diesem Vorgang gesputtert wird, unmittelbar bevor der Metallfilm in dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektabschnitt vollständig geätzt ist und unmittelbar nachdem der Metallfilm in dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt vollständig entfernt ist, kann der Quarzglasabschnitt, der unterhalb des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektmetallfilms liegt, beschädigt werden und kleine Unregelmäßigkeiten können an der Oberfläche gebildet werden. Ferner können die Ionen in den gesputterten Quarzglasabschnitt injiziert werden. Dann wird, wie in dem Fall der Reparatur mit dem Laserlicht der Transmissionsfaktor in dem Quarzglasabschnitt, der nach der Reparatur des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes freigelegt ist, kleiner werden als in defektfreien Quarzglasabschnitten. Auch wenn eine Reparatur von dem lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefekt mit dem Ionenstrahlätzen durchgeführt wird, wird folglich der gleiche Vorgang zum Kompensieren der Transmissionsfaktorverringerung benötigt, wie er in der ersten Ausführungsform beschrieben ist. Dann wird der Musterrand, nachdem der repariert ist, von dem ursprünglichen Musterrand in der negativen Richtung der ersten Richtung um die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ausgespart, die gemäß den Ionenstrahlausgabebedingungen, den Musterintervallen in der ersten Richtung und der Defektgröße bestimmt ist, oder um die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw in dem zulässigen Bereich, der für eine gute Vorrichtungsgüte notwendig aus, ausgespart, oder der Musterrand ist derart gebildet, daß er in der positiven Richtung um die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw (es wird angemerkt, daß sie in einer herkömmlichen Weise ($\Delta w = 0$) in Abhängigkeit von den Bedingungen eingestellt sein kann) vorsteht. Dann kann die Abmessungsvariation des Resistmusters, das durch Übertragen des Metallfilmmusters auf einen Halbleiterwafer gebildet ist, auf einen Wert von fast 0 oder innerhalb eines Bereiches, der für eine gute Vorrichtungsgüte notwendig ist, beschränkt werden.

Fig. 23 ist eine Darstellung, die die Beziehung zwischen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw und des Resistabmessungsvariationsgrades ΔS_w für jede Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw zeigt, wobei in einem linearen Verbindungsmuster mit der Verbindungsbreite L und dem Verbindungsintervall S (siehe Fig. 1), die beide gleich zu $1,0 \mu\text{m}$ sind, ein Brückndefekt ($w_1 = w_2 = 1,0 \mu\text{m}$), der mit den Rändern von zwei benachbarten Streifen des Verbindungsmusters verbunden ist, durch gasunterstütztes Ionenstrahlätzen repariert und entfernt wird. In der Darstellung zeigen leere Kreise tatsächliche Messungen. In diesem Fall wurde ein Ionenstrahl mit den Bedingungen einer Spannung von 20 keV, einem Strom 50 pA und einem Strahldurchmesser von $0,15 \mu\text{m}$ ausgegeben. Aus der Darstellung und unter Berücksichtigung der Ausgabebedingungen und mit der Defektgröße und dem Musterintervall, die oben angegeben wurden, beträgt die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 ungefähr $-0,03 \mu\text{m}$ und der zulässige Bereich für die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw , der zum Unterdrücken des Resistmusterabmessungsvariationsgrades ΔS_w innerhalb von $\pm 10\%$ benötigt ist, liegt in dem Bereich von ungefähr $-0,125 \mu\text{m}$ bis $+0,06 \mu\text{m}$.

Die Tabelle 4 zeigt tatsächliche Messungen der optimalen Qualität des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 für verschiedene Intervalle S in dem Fall des Reparierens eines lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes (siehe Fig. 1) durch Ionenstrahlätzen auf einer gewöhnlichen Photomaske, die einen CrON-Film als ein lineares Metallfilmin Verbindungsmuster verwendet. Der Ionenstrahl wurde in diesem Fall unter den gleichen Bedingungen wie die in Fig. 23 ausgegeben, aber die Größe des lichtundurchlässigen Ausdehnungsdefektes war nicht gleichmäßig und die Breite w_1 war innerhalb des Intervalls S und die Breite w_2 war in dem Bereich von ungefähr $0,5 \mu\text{m}$ bis $3 \mu\text{m}$.

Tabelle 4

Verbindungsmusterintervall S auf der Photomaske	kleiner als $1 \mu\text{m}$	$1 \mu\text{m}$ bis kleiner als $1,5 \mu\text{m}$	$1,5 \mu\text{m}$ oder mehr
Optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0	$-0,05 \mu\text{m}$ oder niedriger	$-0,1 \mu\text{m}$ bis $0 \mu\text{m}$	$-0,05 \mu\text{m}$ bis $0 \mu\text{m}$

Auch in dieser bevorzugten Ausführungsform kann der zulässige Bereich der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw derart erhalten werden, daß der Resistmusterabmessungsvariationsgrad auf einem zulässigen Wert, der für die Vorrichtungsgüte benötigt wird (beispielsweise innerhalb $\pm 10\%$), für jede optimale Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 in Tabelle 4 sein kann.

Als nächstes wird eine Ionenstrahlätzvorrichtung und der Vorgang des Defektreparaturverfahrens durch Ionenstrahlätzen unter Verwendung der Vorrichtung unter Bezugnahme auf Fig. 24 und 25 beschrieben.

In Fig. 24 weist die Ionenstrahlätzvorrichtung 120 eine Ionenkanone 121 zum Ausgeben eines Ionenstrahles, der abgelenkt wird, einen Schlitz 125 zum Begrenzen der Breite des Ionenstrahles, einen Elektronenkanone 122 zum Liefern eines Elektronenstrahles zum Neutralisieren eines Aufladens der positiven Ladung auf der Oberfläche der Photomaske 10, wenn der Ionenstrahl auf die Oberfläche gesputtert wird, einen Sekundärionendetektor 123 zum Erfassen von Sekundärelektronen des Metalls, wie zum Beispiel Cr und Si, die von der Oberfläche der Photomaske 10 während dem Ionenstrahlputtern abgegeben werden, und zum Erzeugen und Ausgeben von Bilddaten der gesputterten Oberfläche an einen

Datenverarbeitungscomputer (nicht gezeigt) und einen Gasinjektor 124 und einen nicht gezeigten Tisch.

Fig. 25 ist ein Ablaufplan der Details des Schritts S3 zeigt, der in der vorher beschriebenen Fig. 12 gezeigt ist, wobei die Schritte S31 bis S33, S38 und S39 in Fig. 25 den Schritten S31 bis S33, S38 und S39 in Fig. 14 entsprechen.

In dem Schritt S34 in Fig. 25 wird zuerst ein Ionenstrahl von der Ionenkanone 121 abgegeben und Sekundärelektronen, die von der Oberfläche der Photomaske 10 emittiert werden, werden in dem Sekundärionendetektor 123 erfaßt. Dann erzeugt der Datenverarbeitungscomputer ein Bild des Metallfilmmusters und des lichtundurchlässigen Defekts auf der Photomaske 10 auf der Grundlage der erfaßten Daten (Ionenstrahlabbilden). Als nächstes stellt in dem Schritt S35 der Bediener von dem Bild auf dem Bildschirm einen rechteckigen Ionenstrahlbestrahlungsbereich ein, der teilweise oder vollständig das Bild des lichtundurchlässigen Defekts von dem Ende des lichtundurchlässigen Defekts zu der Grenze hin abdeckt. Auf der Grundlage dieser Einstellung steuert der Computer dann die Ionenkanone 121 (Steuerung der Ionenstrahlableitung) und den Gasinjektor 124 derart, daß der von der Ionenkanone 121 abgegebene Ionenstrahl automatisch die Oberflächenposition auf der Photomaske 10 abtastet, die der in dem Bild eingestellten Position entspricht, während der Injektor 124 Gas auf die Oberfläche der Photomaske 10 bläst, um die Ätzselektivität zwischen dem Metallfilm und dem Quarzglassubstrat zu erhöhen (um die Ätzrate des Metallfilms zu erhöhen, während die Ätzrate des Quarzglassubstrates verringert wird), wodurch der lichtundurchlässige Defekt in diesem eingestellten Bestrahlungsbereich geätzt und entfernt wird (Schritt S36).

Durch diese Schritte wird der eingestellte Bestrahlungsbereich zu dem oben beschriebenen Strahlbestrahlungsbereich vergrößert und eine gewünschte Photomaske 10 wird somit hergestellt.

Das oben beschriebene Reparaturverfahren mit dem Ionenstrahlätzen kann auf die Reparatur von lichtundurchlässigen Defekten auf einer Phasenverschiebungsphotomaske angewendet werden, die in der zweiten bevorzugten Ausführungsform beschrieben ist.

Vierte bevorzugte Ausführungsform

Die erste bis dritte bevorzugte Ausführungsform zeigen ein Verfahren zum Kompensieren der Variation des Transmissionsfaktors in dem reparierten Defektabschnitt, um den Abmessungsvariationsgrad des Resistmusters, der durch Übertragen eines Metallfilmmusters auf einen Halbleiterwafer gebildet ist, auf 0% zu unterdrücken oder innerhalb eines Bereiches, der für die Vorrichtungsqualität benötigt ist, zu beschränken, bei dem ein lichtundurchlässiger Ausdehnungsdefekt (der einen Brückendefekt enthält), der mit dem Metallfilmmuster auf der Photomaske verbunden ist, oder ein abgetrennter, lichtundurchlässiger Defekt, der nahe dem Rand des Musters ist, unter Verwendung eines Laserlichtstrahles oder eines Ionenstrahles (sie werden im allgemeinen als gegebener Strahl bezeichnet) mit einem Bestrahlungsbereich, der durch Korrigieren des herkömmlichen Bestrahlungsbereich um eine optimierte Größe oder eine Größe in einem zulässigen Bereich des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw_0 oder Δw liegt, repariert wird. In den Beispielen ist die Breite in der zweiten Richtung D2 des Musterreparaturbereiches in dem Strahlbestrahlungsbereich ungefähr gleich zu der zweiten Breite (= w2) in der zweiten Richtung D2 des lichtundurchlässigen Defektes eingestellt, der mit einem Rand des Metallfilmmusters verbunden ist oder nahe an dem Rand ist.

Wenn jedoch die Breite in der zweiten Richtung des Musterreparaturbereiches gleich zu der zweiten Breite des lichtundurchlässigen Defektes eingestellt ist und wenn das Vorzeichen der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw negativ ist und sein Absolutwert zu groß ist, dann kann der fehlende Abschnitt 16 entlang des Musterrandes (Fig. 3) als klarer Defekt in dem Schritt der Fehlerprüfung erfaßt werden, die nach der Reparatur in dem Photomaskenherstellungsvorgang durchgeführt wird.

Um diese Schwierigkeit im Voraus zu verhindern, sollte die Breite in der zweiten Richtung D2 des ausgesparten Abschnittes 16, 55, (Fig. 3, 20) in dem Originalmuster größer eingestellt sein als die zweite Breite w2 des lichtundurchlässigen Defektes 13, 52, der mit dem Metallfilmmuster zusammenhängt oder nahe an ihm angeordnet ist. Dann wird der Quarzglasabschnitt, der unterhalb des ausgesparten Abschnittes 16, 55 entlang des Musterrandes benachbart zu dem reparierten Defektabschnitt liegt, in der zweiten Richtung D2 vergrößert, was ermöglicht, daß der Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur Δw , der der Breite in der ersten Richtung D1 des Musterreparaturbereiches entspricht, kleiner eingestellt werden kann als die, die in der ersten bis dritten Ausführungsform gezeigt sind.

Fig. 26 und 27 zeigen ein Beispiel einer solchen Einstellung.

Zusätzliche Anmerkungen

- (1) Solche perfekt oder nicht perfekt lineare Metallfilmverbindungsmuster, wie sie in der ersten bevorzugten Ausführungsform gezeigt sind, und ähnliches und ein solches Metallfilmmuster mit einem Lochmuster, wie es in der zweiten bevorzugten Ausführungsform gezeigt ist, wird hier allgemein als "Muster" bezeichnet. Herkömmliche CrON-Photomasken und Phasenverschiebungsphotomasken werden hier im allgemeinen als "Photomasken" bezeichnet. Dieses Reparaturverfahren des lichtundurchlässigen Defektes ist grundsätzlich auch auf andere verschiedene Arten von Photomasken und verschiedene Musterkonfigurationen anwendbar.
- (2) Obwohl in der ersten bis vierten bevorzugten Ausführungsform hauptsächlich Anwendungen beschrieben wurden, die einen Positivresist verwenden, ist es klar, daß dieses Reparaturverfahren eines lichtundurchlässigen Defektes auch auf Anwendungen anwendbar ist, die einen Negativresist verwenden.
- (3) Wie schon erwähnt wurde, wird hier ein Laserlichtstrahl oder ein Ionenstrahl im allgemeinen als "gegebener Strahl" bezeichnet.

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren einer Photomaske (10) mit einem Quarzglas (11, 51) und einem Muster (12, 50), das aus

einem Metallfilm gebildet ist, der auf einer Oberfläche des Quarzglas (11, 15) gebildet ist, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

Erfassen, ob das Muster einen lichtundurchlässigen Defekt (13, 18, 52) aufweist, der mit dem Muster (12, 50) zusammenhängt oder nahe an dem Muster liegt und eine erste Breite (w_1) in einer ersten Richtung (D1) und eine

zweite Breite (w_2) in einer zweiten Richtung (D2) aufweist, wobei die zweite Richtung (D2) senkrecht zu der ersten Richtung (D1) ist und einer Richtung entspricht, in der sich

ein Rand (12E, 50E) des Musters (12, 50) erstreckt, und wenn der lichtundurchlässige Defekt (13, 18, 52) in dem Schritt des Erfassens erfaßt wird, Entfernen des lichtundurchlässigen Defektes (13, 18, 52) durch Beaufschlagen eines Strahlbestrahlungsbereiches (14, 53), der durch Korrigieren eines Bestrahlungsbereiches (14A, 53A) auf der Oberfläche des Quarzglas (11, 51), das den lichtundurchlässigen Defekt (13, 18, 52) aufweist und eine dritte und vierte Breite (w_1 , w_2 ; w_3 , w_4) entsprechend in der ersten und zweiten Richtung (D1, D2) aufweist, in der ersten Richtung auf der Grundlage einer Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur (Δw) erhalten wird, mit einem gegebenen Strahl,

wobei die Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw) gemäß einer Abgabebedingung des gegebenen Strahles, der Abmessung in der ersten Richtung (D1) eines Bereiches auf der Oberfläche des Quarzglas (11, 51), in dem der lichtundurchlässige Defekt (13, 18, 52) vorhanden ist, und der Größe des lichtundurchlässigen Defektes (13, 18, 52) derart eingestellt ist, daß, wenn das Muster (12, 50) auf ein Halbleitersubstrat übertragen wird, um ein Resistmuster unter Verwendung der Photomaske (10) zu bilden, die nach dem Schritt des Beaufschlagens mit dem gegebenen Strahl erhalten wird, der Grad der Abmessungsvariation (ΔS_w) des Resistmusters (12, 50) in Bezug zu der ursprünglichen Abmessung des Resistmusters (12, 50), die bei einem Fehlen des lichtundurchlässigen Defektes (13, 18, 52) erhalten wird, in einen gegebenen Bereich fällt, und wobei,

wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw) ein negatives Vorzeichen aufweist, der gegebene Strahl derart gesteuert wird, daß der Strahlbestrahlungsbereich (14, 53) als ein Bereich gegeben wird, der den Bestrahlungsbereich (14, 53) und einen Musterreparaturbereich (14B, 53B), der sich in das Muster in der ersten Richtung (D1) um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur (Δw) von einer Grenze zwischen dem lichtundurchlässigen Defekt (13, 18, 52) und dem Muster, wenn der lichtundurchlässige Defekt (13, 18, 52) mit dem Muster zusammenhängt, und von einem dem lichtundurchlässigen Defekt (13, 18, 52) zugewandten Teil in dem Rand des Musters, wenn der lichtundurchlässige Defekt (13, 18, 52) nahe an dem Muster ist liegt, erstreckt, aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Reparaturbereich (14B, 53B) in der zweiten Richtung (D2) eine Breite (w_4) aufweist, die größer ist als die zweite Breite (w_2).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem

die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur (Δw) einer optimalen Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw_0) entspricht, und

bei dem die optimale Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw_0) eine Größe des Voreinstellungsversatzes ist, die eingestellt ist, wenn der Grad der Abmessungsvariation 0% beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem, wenn die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur (Δw) ein positives Vorzeichen aufweist, der gegebene Strahl derart gesteuert wird, daß der Strahlbestrahlungsbereich (14, 53) als ein Bereich gegeben ist, der durch Verschmälern des Bestrahlungsbereiches (14, 53) in der ersten Richtung (D1) um den Absolutwert der Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw) gegeben ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Muster ein lineares Verbindungsmuster (12) ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Muster (50) eine rechteckige Öffnung (51) aufweist, und der Rand (50E) des Musters (50) einem Teil der Seite der Öffnung (51) entspricht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der gegebene Strahl ein Laserlichtstrahl ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der gegebene Strahl ein Ionenstrahl ist.

9. Halbleitereinrichtung (100) mit

einem Halbleitersubstrat (1) und

einem integrierten Schaltungsmuster, das auf der Grundlage eines Resistmusters (2, 1A) erhalten ist, das durch Übertragen des Musters auf das Halbleitersubstrat (1) unter Verwendung einer Photomaske (10) erhalten ist, die durch das Herstellungsverfahren einer Photomaske nach einem der Ansprüche 1 bis 8 hergestellt ist.

10. Herstellungsverfahren einer Photomaske (10) mit einem Quarzglas (11) und einem benachbarten ersten und zweiten Muster (12), die aus einem Metallfilm gebildet sind, der auf einer Oberfläche des Quarzglas (11) gebildet ist, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

Erfassen, ob die Muster (12) einen lichtundurchlässigen Defekt (13) aufweisen, der mit dem ersten und zweiten Muster (12) zusammenhängt und eine erste Breite (w_1) in einer ersten Richtung (D1) und eine zweite Breite (w_2) in einer zweiten Richtung (D2) aufweist, wobei die zweite Richtung (D2) senkrecht zu der ersten Richtung (D1) ist und einer Richtung entspricht, in der sich Ränder (12E) der Muster (12) erstrecken, und

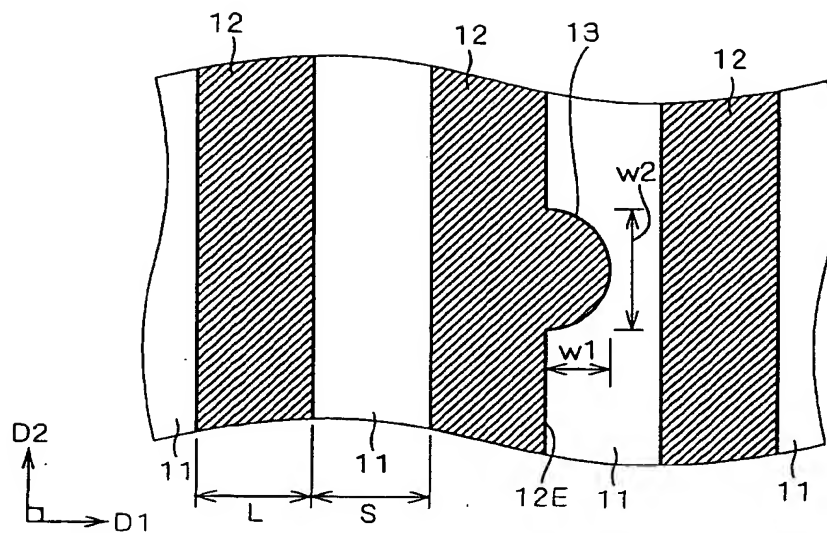
wenn der lichtundurchlässige Defekt (13) in dem Schritt des Erfassens erfaßt wird, Entfernen des lichtundurchlässigen Defektes (13) durch Beaufschlagen eines Strahlbestrahlungsbereiches (14), der durch Korrigieren eines Bestrahlungsbereiches (14A) in der ersten Richtung (D1) auf der Oberfläche des Quarzglas (11), der den lichtundurchlässigen Defekt (13) enthält und eine dritte Breite (w_1), die der ersten Breite (w_1) entspricht, und eine vierte Breite (w_2) entsprechend in der ersten und zweiten Richtung (D1, D2) aufweist, auf der Grundlage einer Größe eines Voreinstellungsversatzes der Reparatur (Δw) erhalten wird, mit einem gegebenen Strahl,

wobei die Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw) gemäß einer Ausgabebedingung des gegebenen Strahles, der Abmessung in der ersten Richtung (D1) eines Bereiches auf der Oberfläche des Quarzglas (11), in dem der lichtundurchlässige Defekt (13) vorhanden ist, und einer Größe des lichtundurchlässigen Defektes (13) derart eingestellt wird, daß, wenn die Muster (12) auf ein Halbleitersubstrat, um Resistmuster (2) zu bilden, unter Verwendung der Photomaske (10) übertragen werden, die nach dem Schritt des Beaufschlagens mit dem gegebenen Strahl erhalten

- ten wird, der Grad der Abmessungsva-
 riation (ΔS_w) der Resistmuster (12) bezüglich der ursprünglichen Abmessung
 der Resistmuster (12), die bei einem Fehlen des lichtundurchlässigen Defektes (13) erhalten wird, innerhalb eines
 gegebenen Bereiches fällt;
 wobei die Größe des Voreinstellungsversatzes der Reparatur (Δw) einen Absolutwert aufweist, der gleich zu einer
 Summe des Absolutwertes einer ersten Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw_1) und eines Absolutwertes einer
 zweiten Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw_2) ist, und
 der Strahlbestrahlungsbereich (14) den Bestrahlungsbereich (14A), einen ersten Musterreparaturbereich (14B1),
 der sich in das erste Muster (12) in der ersten Richtung (D1) um den Absolutwert der ersten Größe des Voreinstel-
 lungsversatzes der Reparatur (Δw_1) von einer Grenze zwischen dem ersten Muster (12) und dem lichtundurchlässi-
 gen Defekt (13) erstreckt, und einen zweiten Musterreparaturbereich (14B2), der sich in das zweite Muster (12) in
 der ersten Richtung (D1) um den Absolutwert der zweiten Größe des Voreinstellungsversatzes (Δw_2) von einer
 Grenze zwischen dem zweiten Muster (12) und dem lichtundurchlässigen Defekt (13) erstreckt, aufweist.
 11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem der erste und zweite Musterreparaturbereich (14B1, 14B2) jeweils in der
 zweiten Richtung (D2) eine Breite aufweisen, die größer ist als die zweite Breite (w_2).
 12. Halbleitereinrichtung mit
 einem Halbleitersubstrat (1) und
 einem integrierten Schaltungsmuster, das auf der Grundlage eines Resistmusters (2) erhalten ist, das durch Übertra-
 gen der Muster (12) auf das Halbleitersubstrat (1) unter Verwendung einer Photomaske, die durch das Herstellungs-
 verfahren einer Photomaske des Anspruches 10 oder 11 hergestellt ist, erhalten ist.
 13. Photomaske (10) mit
 einem Quarzglas (11, 51) und einem Muster (12, 50), das aus einem Metallfilm gebildet ist, der auf einer Oberfläche
 eines Quarzglases (11, 51) gebildet ist,
 wobei ein Teil eines Randes (12E, 50E) des Musters (12, 50) fehlt.
 14. Photomaske nach Anspruch 13, weiter mit
 einem anderen Muster (12), das auf der Oberfläche des Quarzglases (11, 51) gebildet ist, das aus einem Metallfilm
 gebildet ist und das benachbart zu dem Muster (12) ist,
 wobei ein Teil eines Randes (12E2) des anderen Musters (12), der dem einen Rand (12E1) des Musters zugewandt
 ist, auch fehlt.
 15. Halbleitereinrichtung (100) mit
 einem Halbleitersubstrat (1) und
 einem integrierten Schaltungsmuster, das auf der Grundlage eines Resistmusters (2) erhalten ist, das durch Übertra-
 gen des Musters auf das Halbleitersubstrat (1) unter Verwendung der Photomaske des Anspruches 13 oder 14 erhal-
 ten ist.

Hierzu 23 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1



10

FIG. 2

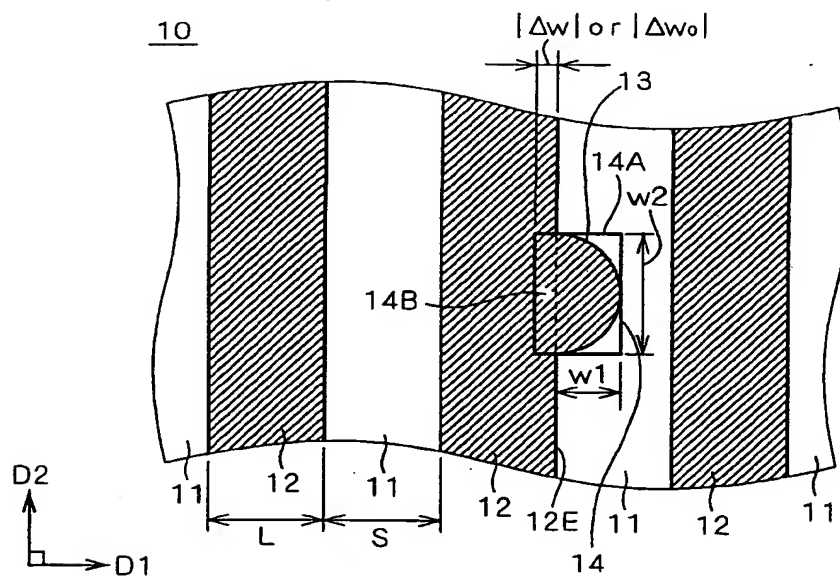


FIG. 3

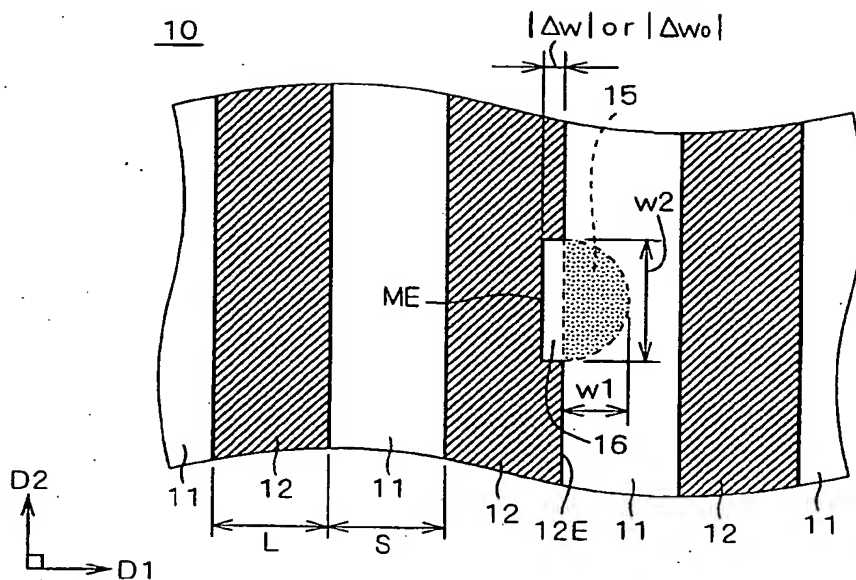


FIG. 4A

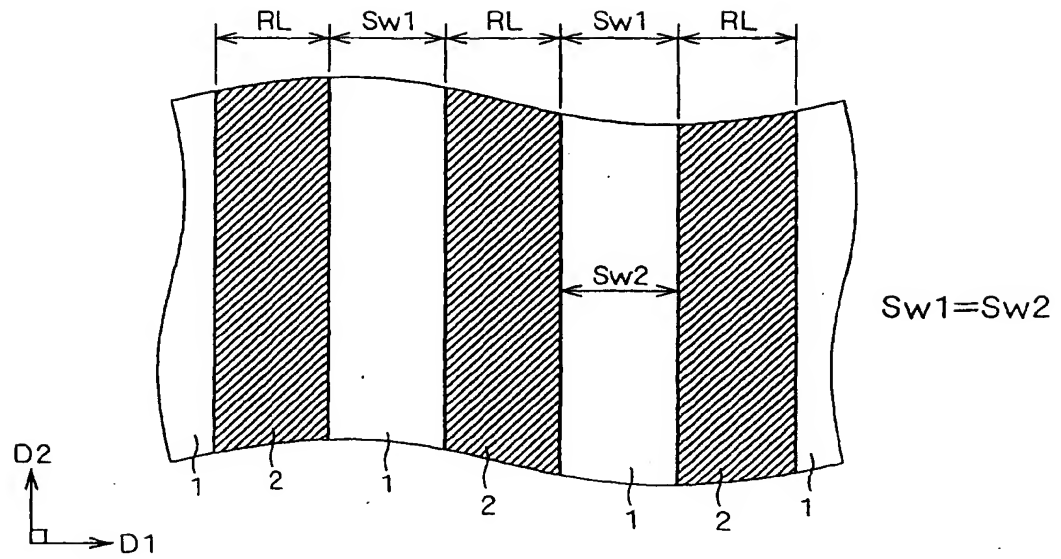


FIG. 4B

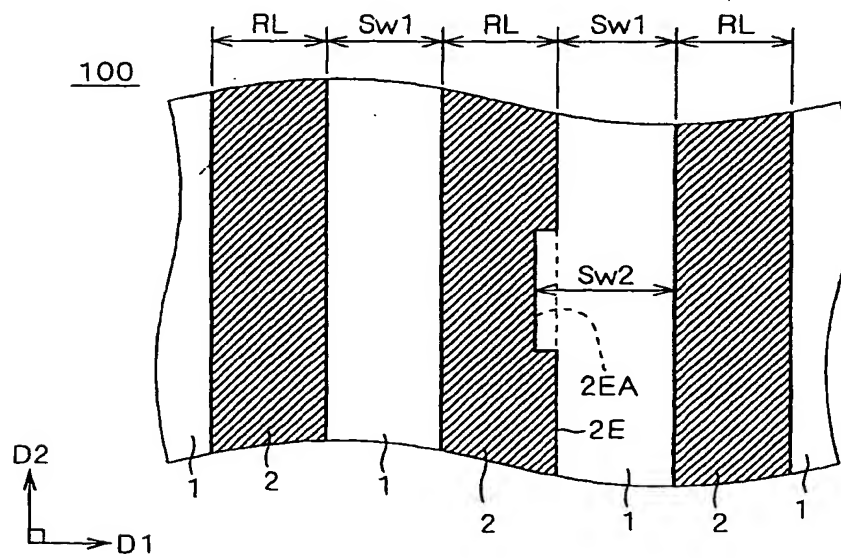


FIG. 5

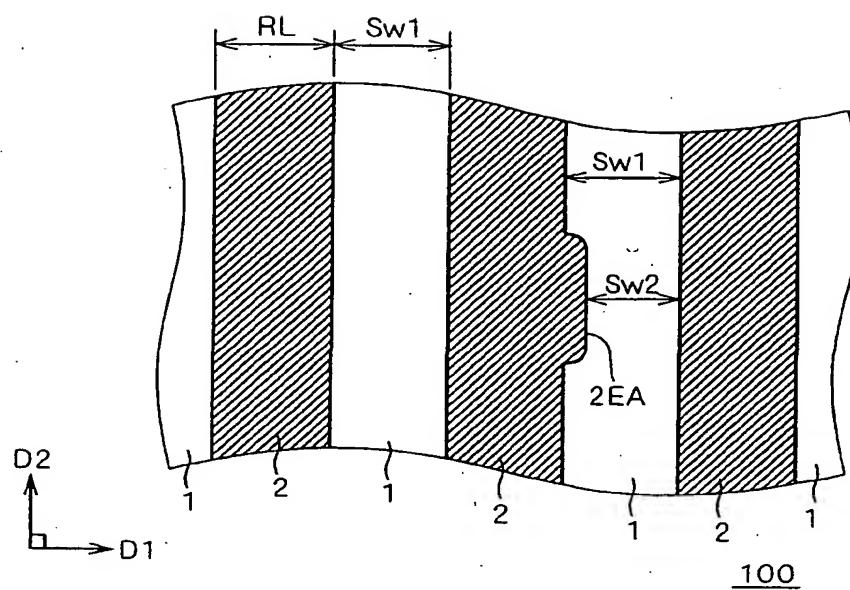


FIG. 6

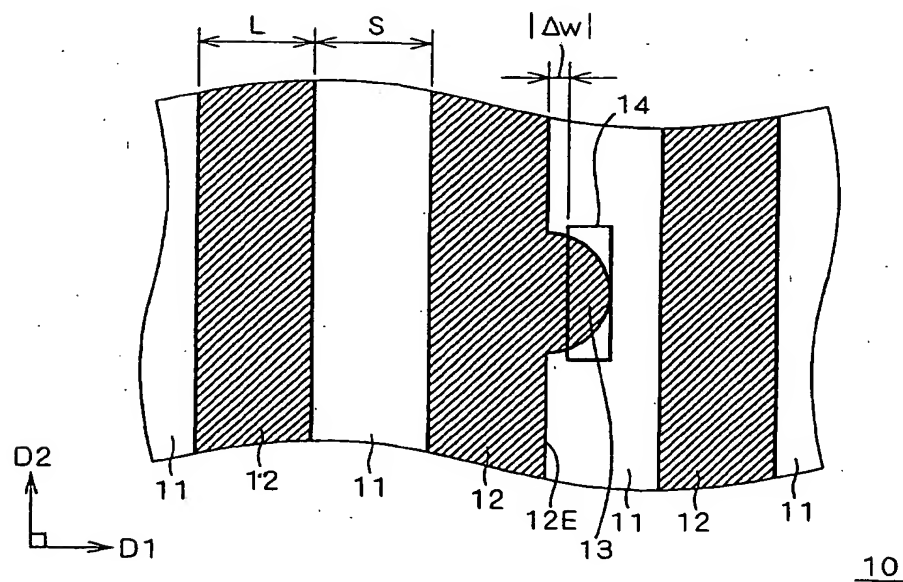


FIG. 7

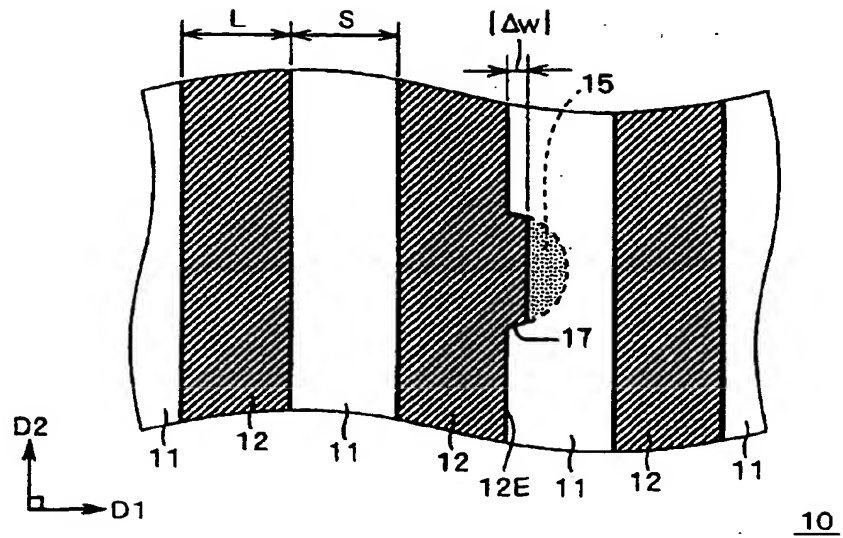


FIG. 8

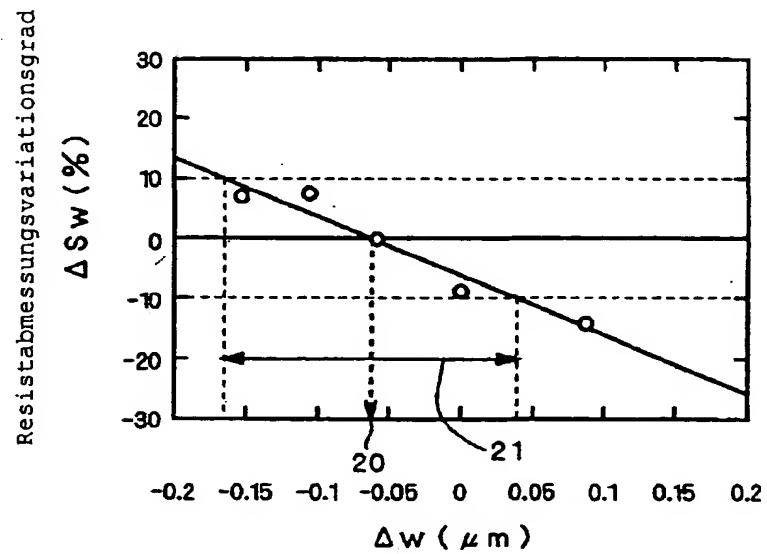


FIG. 9A

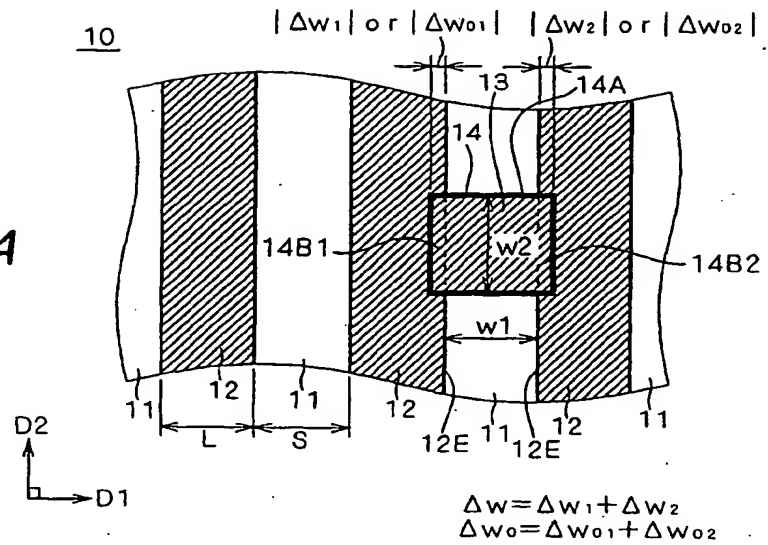


FIG. 9B

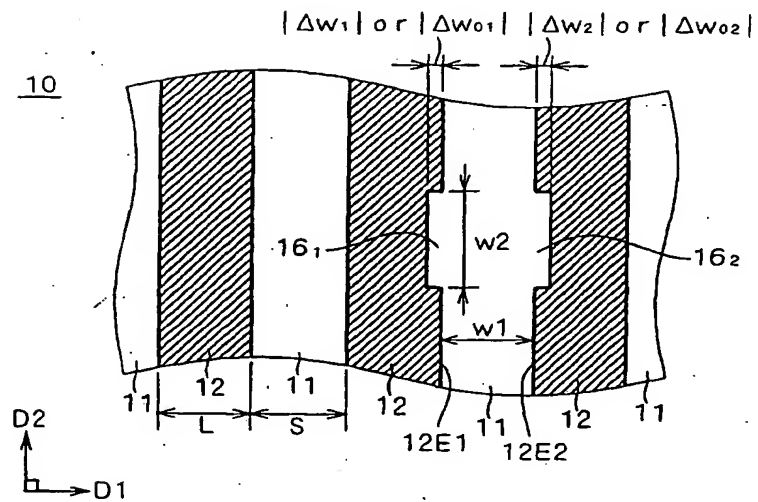


FIG. 9C

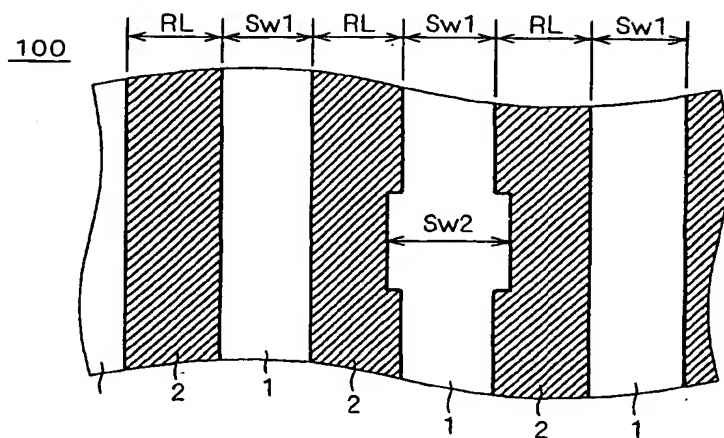


FIG. 10

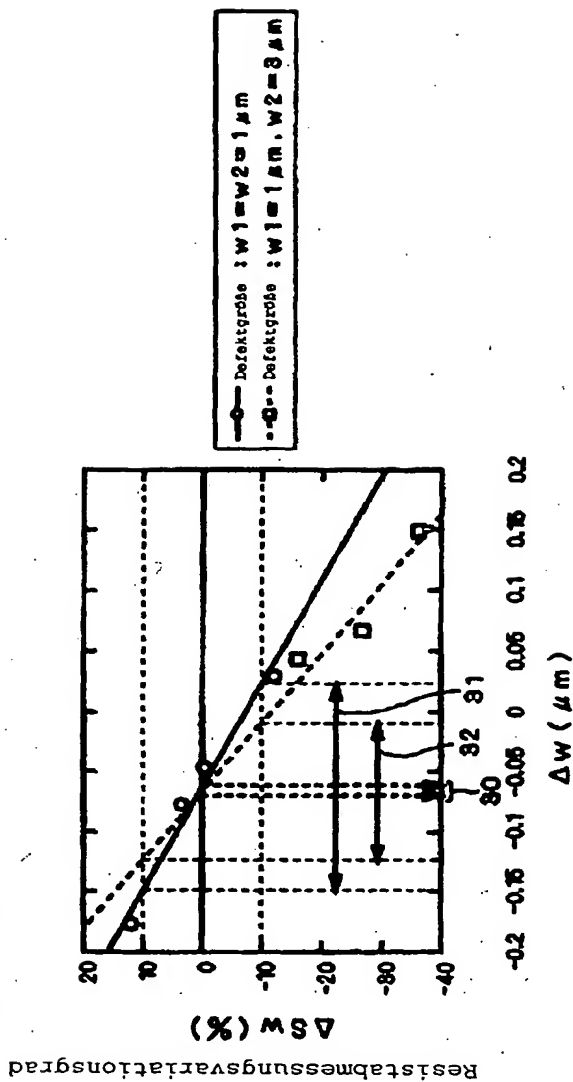


FIG. 11

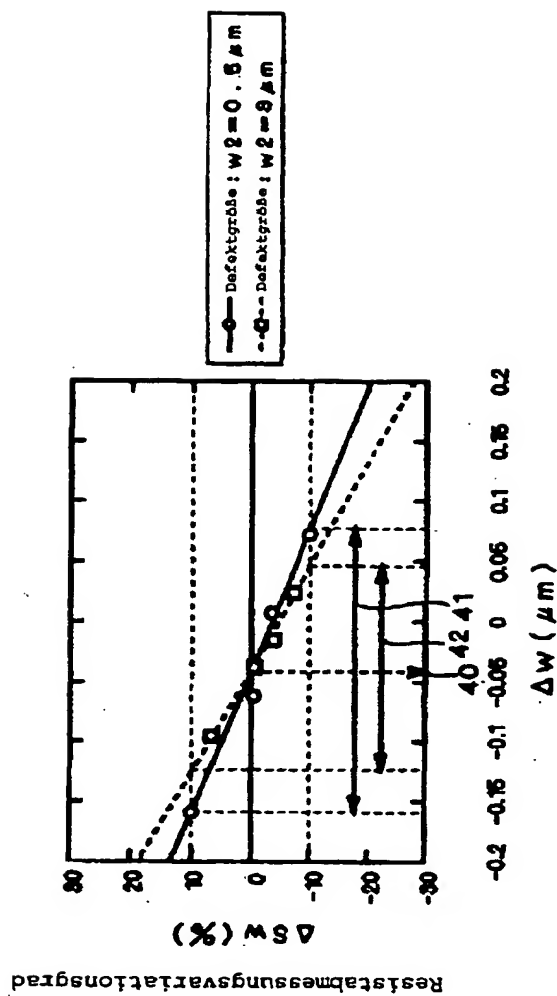


FIG. 12

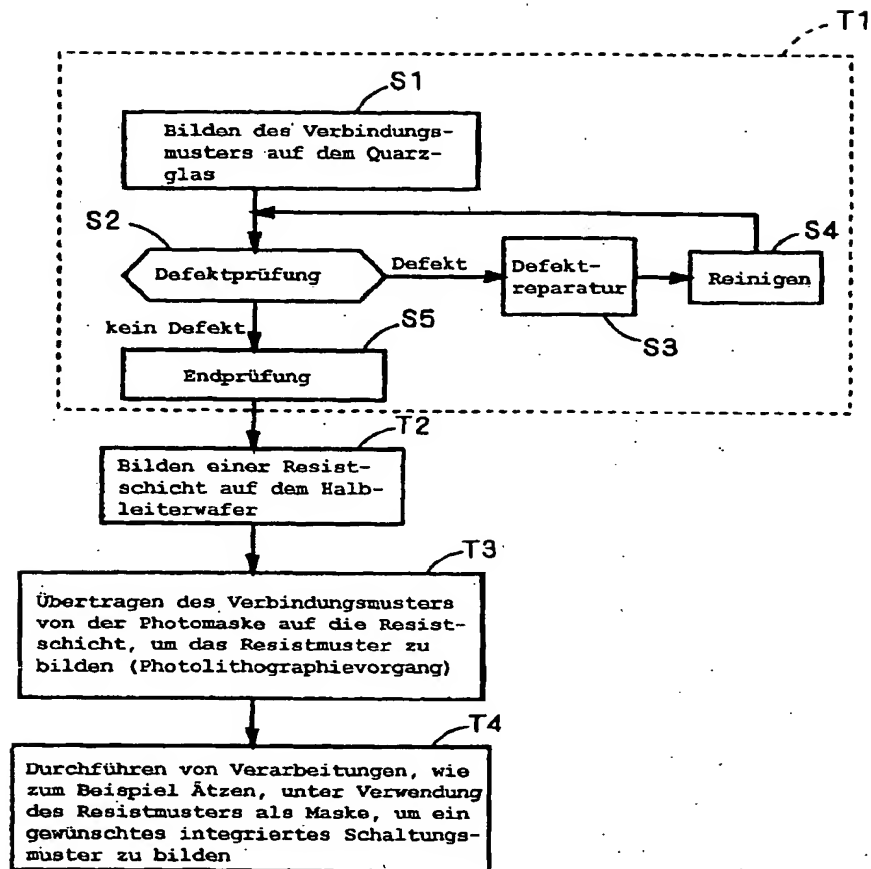
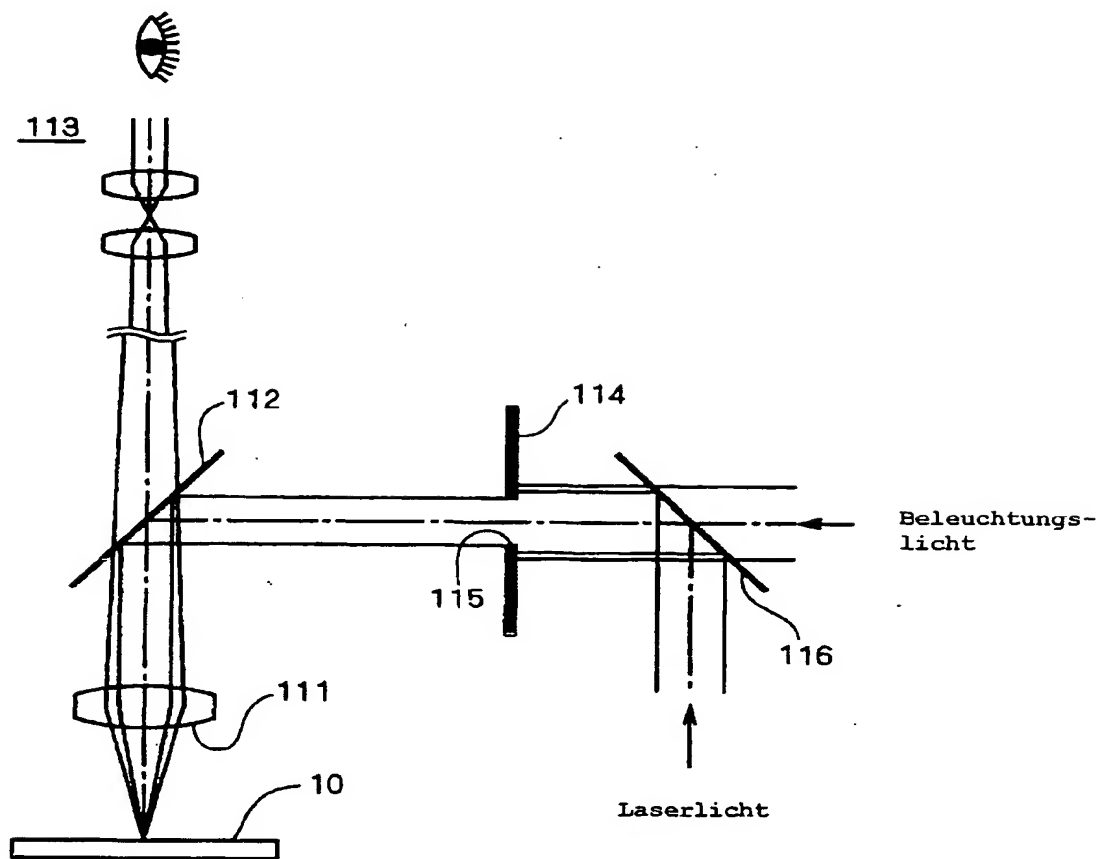


FIG. 13



110

FIG. 14

(Vorgang zum Reparieren eines lichtundurchlässigen Defektes mit einem Laser)

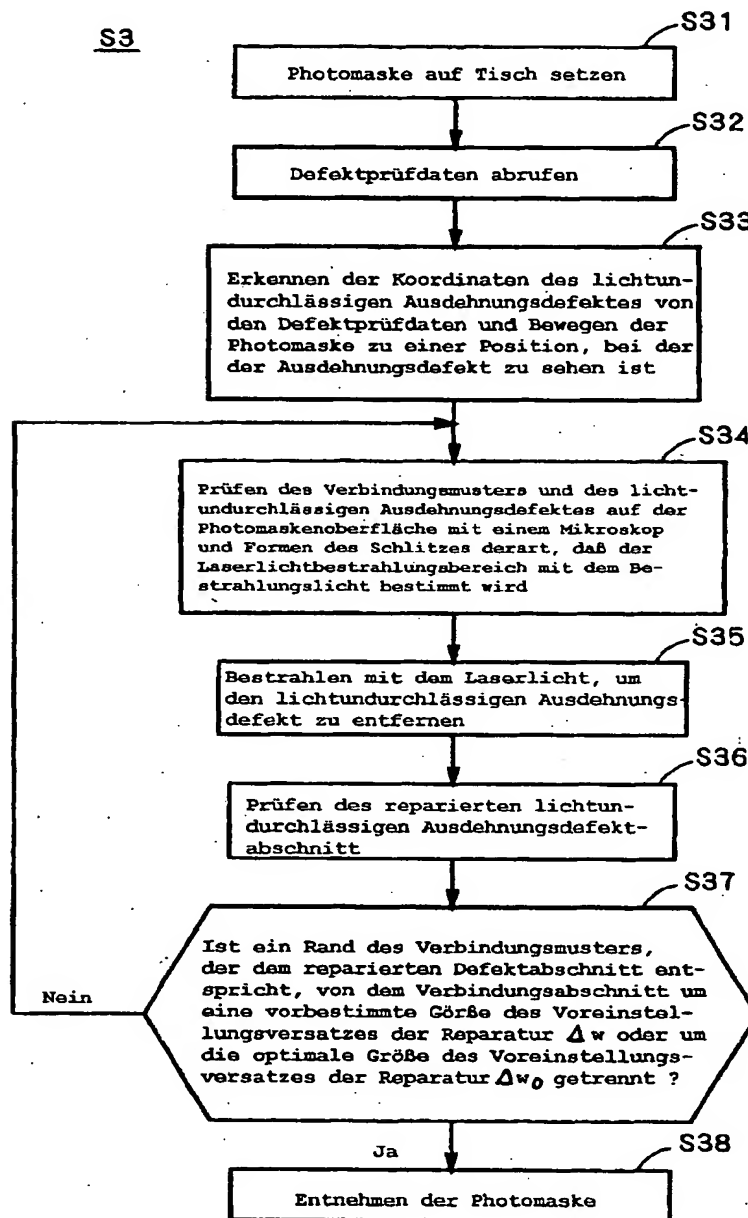


FIG. 15

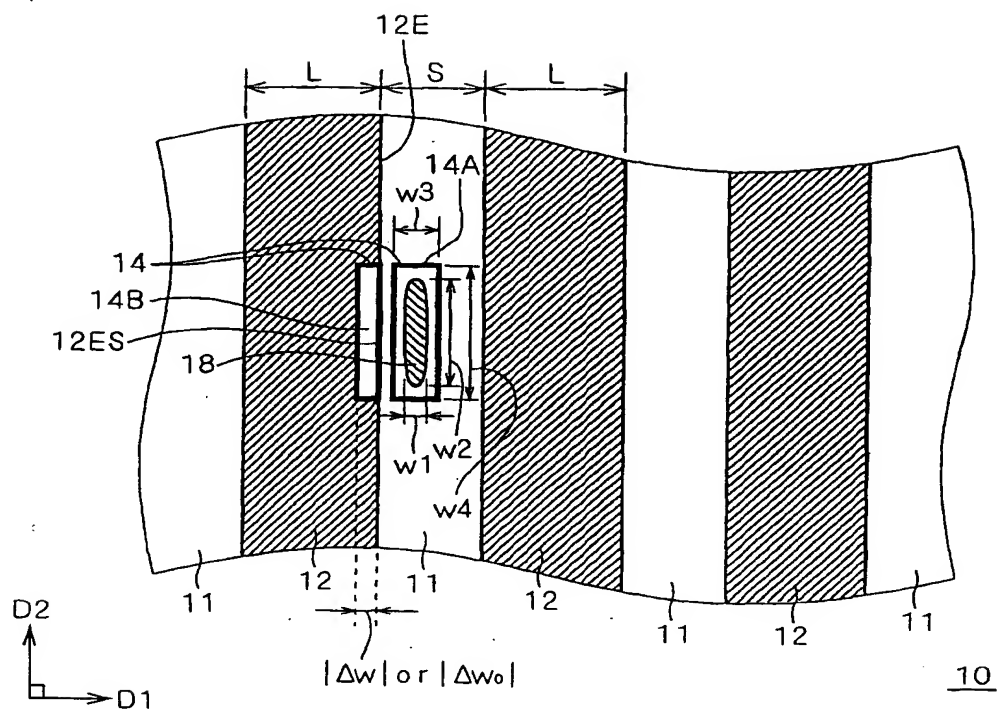


FIG. 16

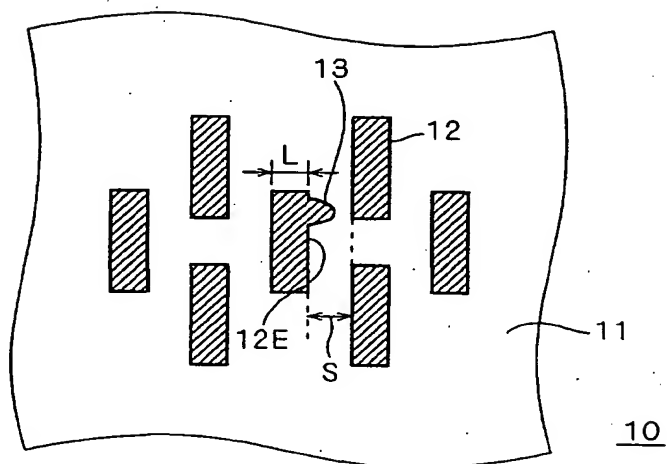


FIG. 17

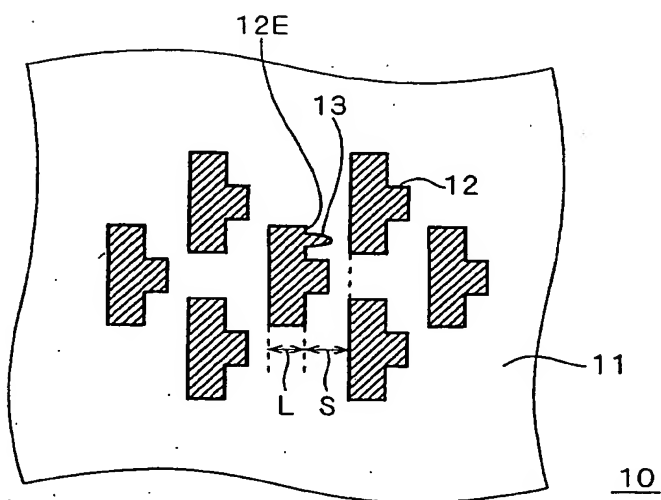
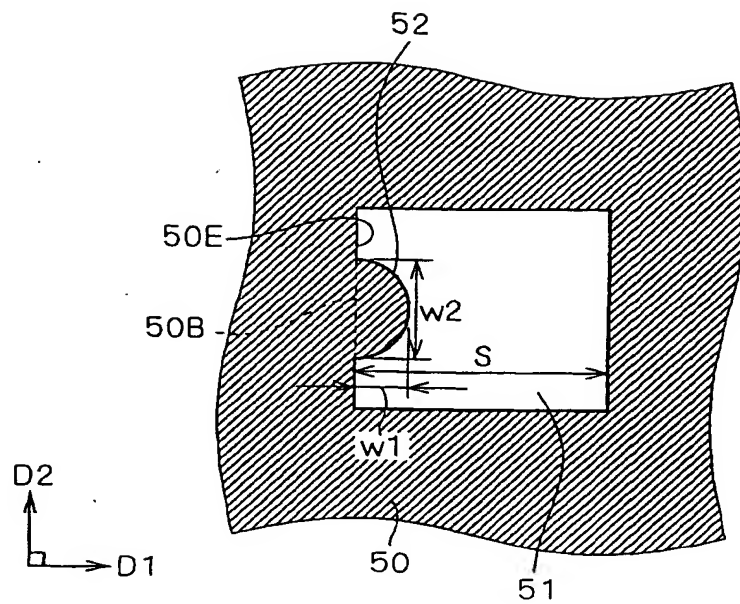
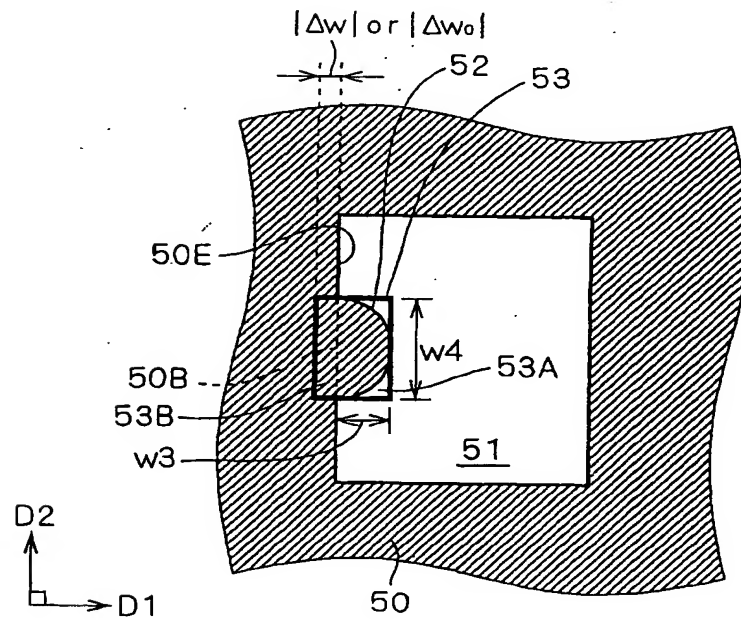


FIG. 18



10

FIG. 19



10

FIG. 20

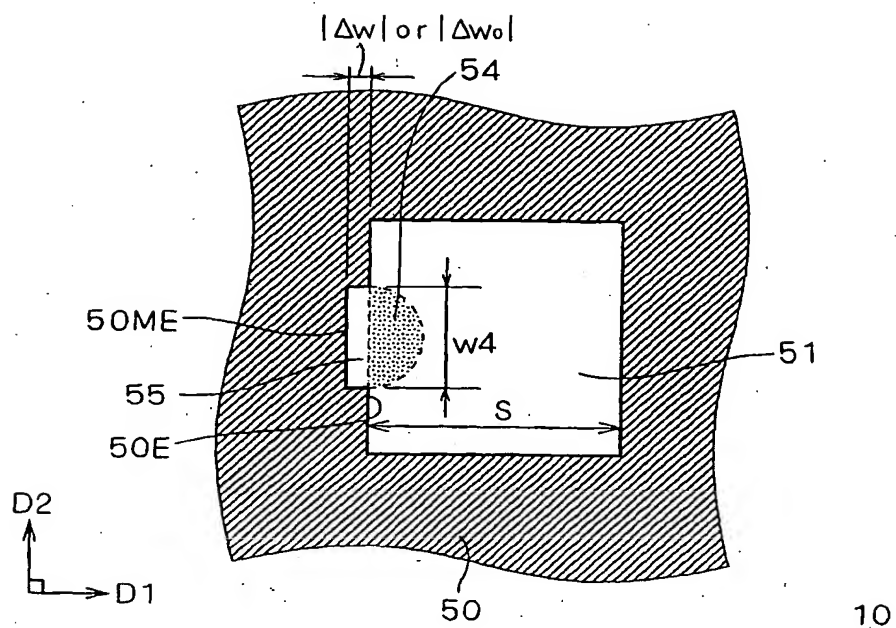


FIG. 21A

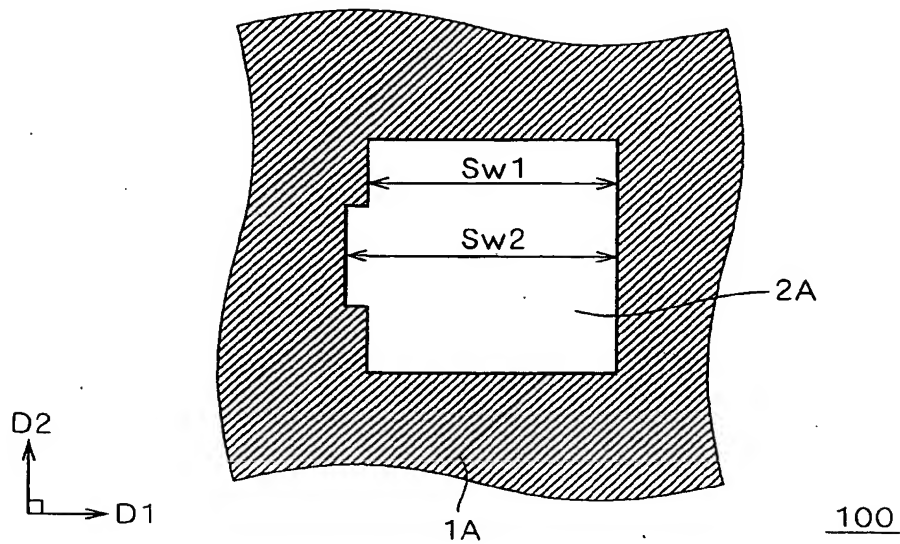


FIG. 21B

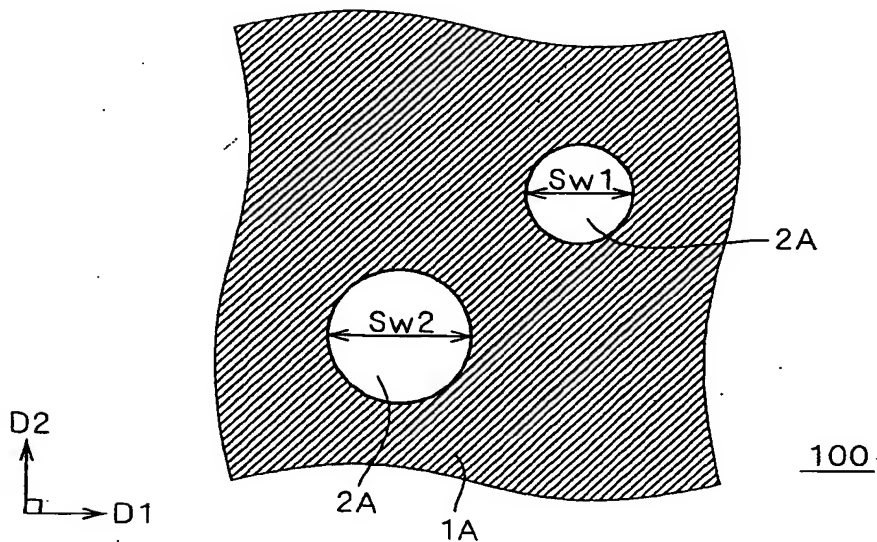


FIG. 22

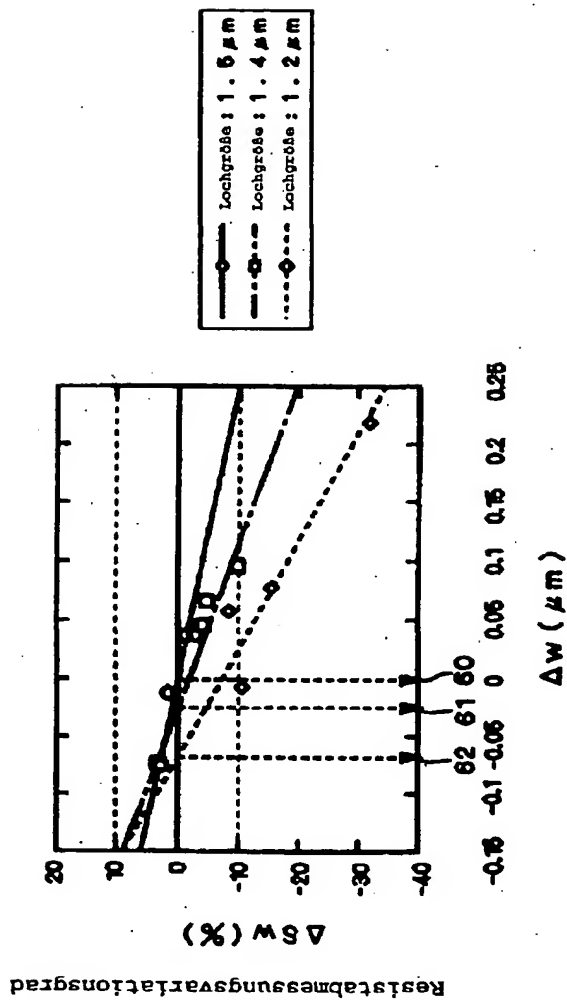


FIG. 23

Ergebnisse der Übertragung mit L, S von 1,0 μm und Defektgrößen w1, w2 von 1 μm in einer gasunterstützten Reparatur

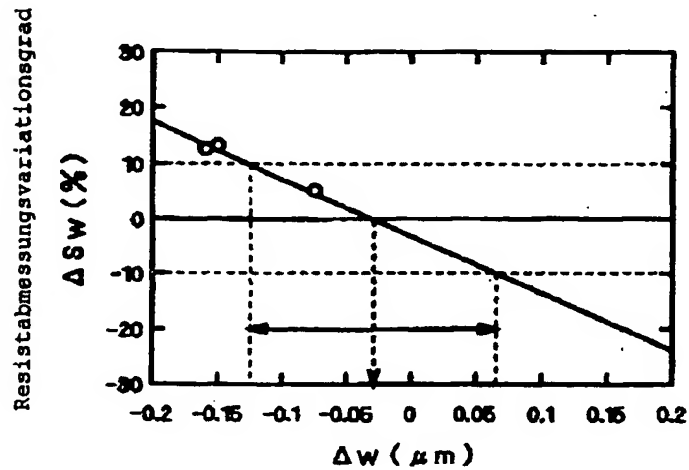
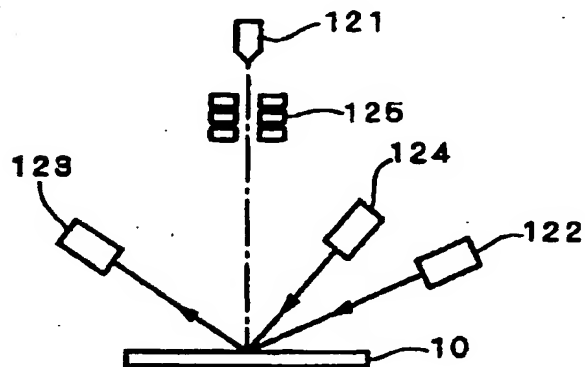
**FIG. 24**120

FIG. 25

(gasunterstützter Defektreparaturätzvorgang)

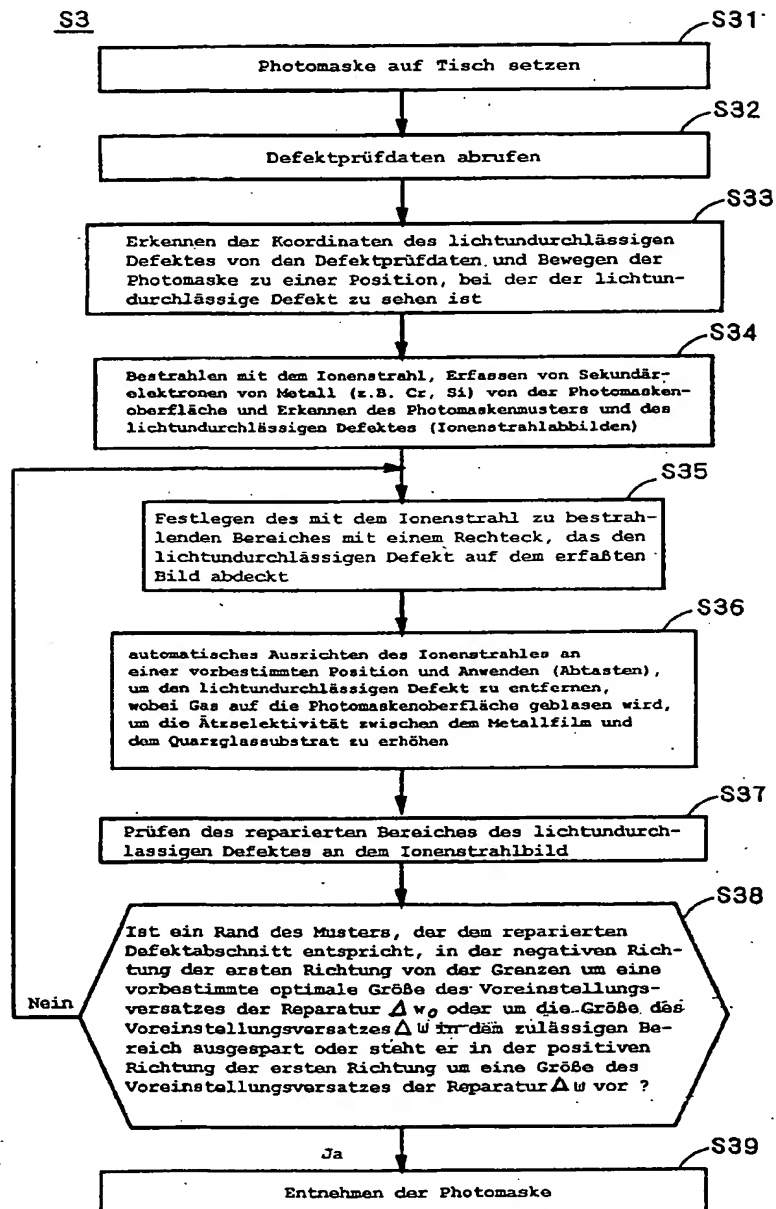


FIG. 26

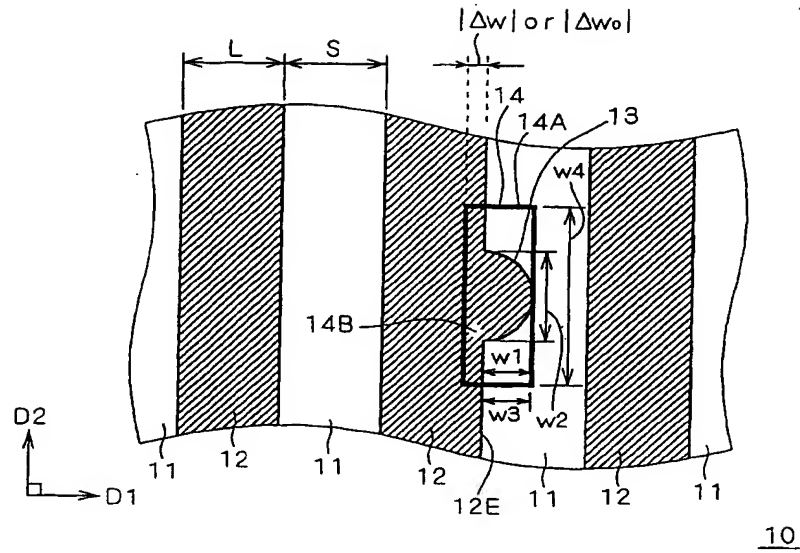


FIG. 27

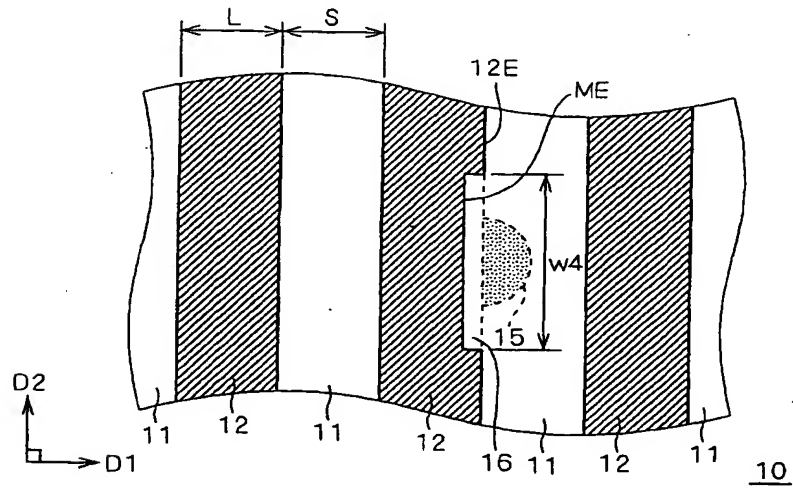


FIG. 28

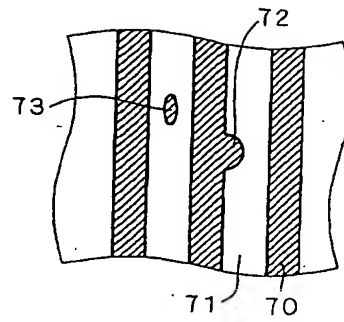


FIG. 29

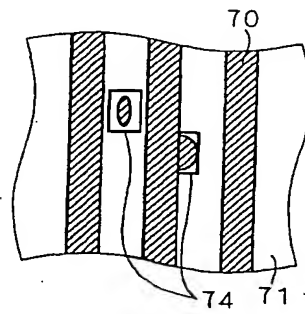


FIG. 30

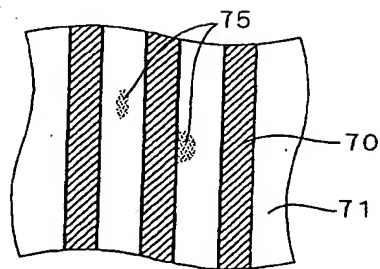
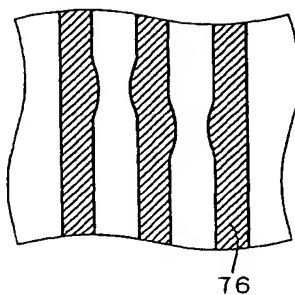


FIG. 31



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)